

NOZIONI DI SCIENZE FISICHE E NATURALI
PER LE SCUOLE TECNICHE

Fisica, Chimica e Mineralogia

SECONDO I NUOVI PROGRAMMI DEL 21 GIUGNO 1885

COMPILATO DAI PROFESSORI

L. CAMERANO E MARIO LESSONA

VOLUME SECONDO

per il **terzo** anno e la **licenza tecnica**

Con 131 incisioni.

MILANO

FRATELLI TREVES, EDITORI.

Gli Editori hanno compite tutte le formalità richieste dalla legge
e dalle convenzioni internazionali per riservare la Proprietà letteraria
e il diritto di traduzione.

In questa nuova edizione del Corso di Scienze fisiche e naturali *per le scuole Tecniche* abbiamo modificato l'ordinamento della materia in modo da rendere il libro perfettamente conforme agli ultimi programmi ministeriali, quelli del 21 giugno 1885.

Oltre a questa rifusione completa abbiamo fatto varie modificazioni e non poche aggiunte, suggerite a noi dalle osservazioni e dai consigli di egregi colleghi.

Settembre, 1887.

GLI AUTORI.

NOZIONI DI FISICA, DI CHIMICA E DI MINERALOGIA

PER GLI ALUNNI CHE PRENDONO LA LICENZA.

(DAI PROGRAMMI DEL 21 GIUGNO 1885).

“ Anche le *Nozioni di Fisica, di Chimica e di Mineralogia* devono essere impartite in un modo elementare, ma però ordinatamente: la Fisica precederà la Chimica, per una ragione ovvia ad intendersi; come complemento a quest'ultima, si parlerà infine di alcuni minerali. La Fisica avrà uno sviluppo maggiore; e siccome l'esposizione di principî, la descrizione di fenomeni devonsi rendere evidenti e manifeste con gli esperimenti, così si richiede che la Scuola sia provvoluta, per quanto è possibile, di un gabinetto con strumenti ed apparati, adatti al carattere elementare dell'insegnamento. Di certi strumenti, come il termometro, il barometro, gli areometri, ecc., si metta in rilievo l'utilità che prestano in molti bisogni della vita. Opportuni disegni, fatti anche dal Professore sulla tavola nera, agevoleranno di molto le spiegazioni orali.

“ La Chimica si limiterà ad esporre le proprietà principali dei corpi più comuni e più importanti; le definizioni non saranno premesse all'esposizione dei fenomeni perchè le menti dei giovanetti nelle Scuole Tecniche possono essere in grado d'intendere quelle idee generali e quelle nozioni metafisiche onde s'intessano inevitabilmente le definizioni. Queste usciranno da sè, di mano in mano, dalle cose e dai fenomeni che si andranno studiando.

“ All'insegnante è poi lasciata la scelta per trattare di quelle applicazioni più famigliari e più utili che, a seconda del luogo, egli crederà opportuno. „

Gli Autori hanno seguito nella compilazione di questo libro esattamente il programma qui dietro riportato, il quale quindi serve anche da indice del volume stesso.

NOZIONI DI FISICA.

- I. — Proprietà generali dei corpi. — Forze. — Movimenti. — Macchine semplici. pag. 1-20
- II. — Peso dei liquidi. — Bilancia. — Centro di gravità. — Pendolo. pag. 20-31
- III. — Equilibrio dei liquidi. — Pressione. — Corpi immersi. — Areometri. — Capillarità pag. 31-48
- IV. — I gas. — Pressione atmosferica. — Barometro. — Aerostati. — Trombe. — Macchina pneumatica. pag. 48-67
- V. — Cause fisiche del suono. — Sua velocità. — Eco pag. 67-80
- VI. — Effetti generali del calore. — Diversi modi di propagazione del calore. — Termometro. — Cambiamento di stato dei corpi. — Idea di una macchina a vapore. — Venti e meteore acquee pag. 80-105
- VII. — Corpi luminosi o illuminati, diafani, opachi. — Specchi piani. — Diverse forme di lenti e loro usi. — Descrizione dei cannocchiali e dei microscopi. — Camera oscura. — Colori pag. 105-119
- VIII. — Descrizione di una macchina elettrica; — della bottiglia di Leida; — della pila; — del telegrafo; — del telefono; — del campanello elettrico; — dei motori elettrici. — Luce elettrica. — Galvanoplastica. — Fulmine e parafulmine pag. 119-149

NOZIONI DI CHIMICA.

- I. — Corpi semplici e composti. — Combinazioni. — Legge delle proporzioni definite. — Differenze principali fra miscugli e combinazioni. — Cenno intorno alla nomenclatura chimica pag. 150-155
- II. — Proprietà principali dell'ossigeno, dell'azoto, dell'idrogeno, del carbonio, del cloro. — Proprietà principali del ferro, dello zingò, del rame, del mercurio, dell'argento e dell'oro pag. 155-156
- III. — Composizione e proprietà principali dell'aria e dell'acqua. — Cenno intorno alle proprietà di taluni acidi, ossidi e sali più importanti. pag. 156-162
- IV. — Applicazioni delle cose spiegate alle più comuni industrie. pag. 162-169

MINERALOGIA.

- Osservazione e descrizione dei minerali più importanti, specialmente del luogo, traendone argomento per dire dei caratteri dei minerali in generale. pag. 170-196
-

NOZIONI DI FISICA

I. — Proprietà generali dei corpi. — Forze. — Movimenti. Macchine semplici.

Si dà il nome di *corpo* ad una *porzione circoscritta, limitata in ogni senso, di materia*: i corpi adunque risultano di materia, sono formati di parti materiali. Si chiama *materia tutto quello che è esteso ed impenetrabile*, cioè che occupa uno spazio, ed ha la proprietà di escludere qualsiasi altro corpo dal luogo che esso occupa in un dato istante. Quella porzione di spazio che è occupata da un corpo forma il *volume* di questo corpo; la quantità di materia che esso contiene ne costituisce la *massa*.

Si può pure definir la materia da un altro punto di vista: siccome non possiamo riconoscere gli oggetti, i corpi, se non per mezzo dei nostri sensi, così possiamo pure chiamare *materia tutto quanto è atto ad agire sui nostri sensi*, definizione questa che si dà pure assai frequentemente: ma è da preferire la prima, poichè considera la materia in sè stessa, e non dipendentemente dalla nostra attitudine a percepirla.

Coll'esame il più superficiale del mondo che ne circonda avvertiamo pure che i corpi ci impressionano assai diversamente, ma tuttavia hanno comuni parecchi caratteri, i quali si presentano più o meno spiccati, ma non mancano mai, onde conviene considerarli come qualità fondamentali della materia: queste qualità son dette le *proprietà generali dei corpi*.

Qui possiamo subito stabilire una distinzione: tra le proprietà comuni a tutti i corpi ve ne hanno due, l'*estensione* e la *impenetrabilità*, che sono connaturate col concetto di corpo in modo tale che noi non possiamo neppure immaginare l'esistenza di

un corpo che ne sia sfornito: queste sono le *proprietà essenziali*, o *necessarie*, dei corpi, che adoperiamo per definirli; le altre proprietà, che ci vengono rivelate dalla osservazione e dallo sperimento, esistono pure, come le prime, in tutti i corpi, senza eccezione, ma non sono inerenti al concetto di corpo: queste proprietà sono la *divisibilità*, la *comprimibilità* e la *dilatabilità*, la *porosità*, l'*elasticità* e l'*inerzia*.

L'*estensione* è la proprietà che ha ogni corpo di occupare una certa porzione dello spazio, cioè di avere un certo volume: quindi ogni corpo presenta sempre tre dimensioni, lunghezza, larghezza e altezza o profondità. Quindi l'immagine riflessa da uno specchio, un'ombra non sono corpi perchè non hanno spessore, non posseggono che due dimensioni, lunghezza e larghezza. In geometria si considera la superficie, che ha due dimensioni, la linea che ne ha una sola, e il punto che non ne ha affatto: ma ciò è una pura astrazione della mente.

Il *volume* di un corpo, come sappiamo, è quella porzione di spazio che esso occupa.

L'*impenetrabilità* è la proprietà per cui due corpi non possono occupare *nello stesso tempo* uno stesso luogo, ossia la proprietà che ha ogni corpo di escludere ogni altro corpo dal luogo che occupa. Alcuni fatti parrebbero provare la penetrabilità della materia: così l'imbeversi che certi corpi solidi fanno di liquidi, e la contrazione che ha luogo quando si mescolano insieme certi liquidi: ma questi fatti dipendono semplicemente dalla porosità, di cui diremo fra breve.

La *divisibilità* è la proprietà che hanno i corpi di esser divisi in più parti, e ciascuna di queste a sua volta in altre parti, e così di seguito. Questa proprietà ci è ricordata dall'osservazione quotidiana, e tutti abbiamo veduto delle polveri finissime: ma invero la divisione dei corpi può esser portata ad un grado veramente meraviglioso. Così si possono fabbricare delle foglie d'oro dello spessore di una 25000^a parte di millimetro e si può stirare un filo d'argento dorato tanto che un metro di esso non pesa che otto milligrammi: lo strato d'oro sovrapposto ha lo spessore di una 800000^a parte di millimetro: or bene, questo

strato d'oro esaminato al microscopio non presenta nessuna interruzione, e conserva tutte le proprietà che caratterizzano quel metallo. Se si pone una foglia d'oro sopra a un vaso contenente del mercurio leggermente riscaldato, in breve si vede la foglia farsi bianca pel mercurio che si è prima evaporato e poi si è deposto sulla foglia d'oro: or bene, la foglia pesata prima e dopo l'esperienza non mostra di aver variato di peso, ciò che vale a darci un'idea della estrema piccolezza delle particelle di mercurio che vi sono depositate: e si noti che il mercurio è uno dei corpi più pesanti che si conoscano.

Un'altra serie di prove forse più efficaci di queste ci è data dalle sostanze coloranti: così un grammo di carminio sciolto in dieci litri (ossia in 10,000 grammi) d'acqua li colora in un rosso assai appariscente; se si prendono alcuni centimetri cubi di quest'acqua, e si diluiscono in parecchi litri di acqua la si vede ancora colorata in rosa: se calcoliamo i millimetri cubi d'acqua che sono stati colorati dal carminio, e pensiamo alla quantità di particelle del corpo che ci hanno da essere per ogni millimetro cubo d'acqua perchè questa ci si mostri ancora colorata, possiamo farci un'idea dello stato di tenuità di ciascuna di queste particelle.

Anche le sostanze odorose e la struttura degli animalletti microscopici ci danno esempio di estrema divisione dei corpi, ma non ci fermeremo su questo argomento perchè la cosa non è così accertata come nei casi precedenti.

A questo punto vien troppo naturale una domanda: la materia è dunque divisibile all'infinito? Se ci fondiamo sul ragionamento è chiaro che la cosa non può essere altrimenti, perchè ogni più piccola particella ottenuta deve essere estesa, deve essere misurabile secondo le tre dimensioni, e quindi deve esser divisibile, e così pure deve esserlo ogni nuova particella. Ma questo concetto esatto, matematicamente parlando, non è accettabile in rapporto coi risultamenti della scienza moderna, la quale ammette come cosa di fatto che la divisione della materia ha un limite, cioè che tutti i corpi risultino di un grandissimo numero di particelle eccessivamente piccole, indivisibili anche

con qualunque microscopio, anzi al tutto insensibili quando fossero isolate, e che riunendosi formano i corpi: queste particelle tuttavia hanno dimensioni delimitate, e non si possono alterare con nessuno dei mezzi conosciuti.

Queste particelle, appunto per questa loro proprietà, vengono dette *atomi*, cioè indivisibili: quando due o più atomi si aggruppano insieme costituiscono una *molecola*. Il modo di aggruppamento degli atomi che costituiscono la molecola non ha influenza sui fatti che sono oggetto della fisica, la quale studia soltanto i fenomeni molecolari.

Nulla si sa della forma delle molecole, nè queste sono più sensibili degli atomi: è tuttavia accertato che le molecole non si toccano ma sono invece separate da distanze notevoli relativamente al volume delle molecole stesse: ciò risulta da innumerevoli fatti che non sarebbe possibile assolutamente spiegare coll'ipotesi che la materia fosse continua, e in particolare dalla comprimibilità e dalla dilatabilità.

La *comprimibilità* è la proprietà che hanno tutti i corpi di diminuire di volume allorquando vengono compressi, cioè quando si esercita uno sforzo che tenda ad avvicinare le loro molecole. Nei corpi solidi la comprimibilità è assai varia, ma tuttavia agevolmente riconoscibile: un esempio notissimo ce lo presentano le monete, le quali non vengono già fuse in una matrice, ma bensì coniate a freddo, cioè comprimendo fortemente un semplice disco metallico fra due stampi dove sono incavate le figure e le iscrizioni che si trovano poi in rilievo sulla moneta. Pochissimo comprimibili sono i liquidi, e sino a tempi relativamente recenti si credevano affatto incomprimibili, onde appunto venivano chiamati fluidi incomprimibili: ma oggi si è riconosciuto che nessuno di essi si sottrae alla legge generale, sebbene, ripetiamo, questo fatto non si possa riconoscere che con sperimenti delicati. I gas finalmente sono comprimibili nel massimo grado, e facilmente si può ridurre l'aria contenuta in un tubo ad un sesto del suo volume premendola con uno stantuffo.

La *dilatabilità* è la proprietà che hanno i corpi di aumentar di volume in certe condizioni: il mezzo più ovvio per dilatare un corpo è riscaldarlo, come vedremo più oltre, quando parleremo del calore. Anche le azioni meccaniche possono giungere allo stesso risultato: per esempio, una verga metallica sospesa verticalmente e fissata per una estremità cresce in volume se la si carica di pesi all'estremità inferiore; parimente una lastra passata pel laminatoio cresce di volume.

La comprimibilità e la dilatabilità traggono seco come conseguenza necessaria la *porosità* dei corpi, cioè l'esistenza di spazi invisibili che si trovano tra le molecole della materia, e che vengono detti *pori*.

Invero, ove le molecole dei corpi si toccassero, un corpo non potrebbe venir compresso nè restringersi pel freddo, ciò che necessariamente deve dipendere da un maggiore avvicinarsi delle molecole dei corpi sottoposti alla compressione o al raffreddamento; siccome poi un corpo, per quanto venga compresso o raffreddato, può sempre diminuire di volume se è ancora più compresso o raffreddato, consegue che non si è mai riusciti a ridurre le molecole a toccarsi.

Oltrechè dalla comprimibilità, l'esistenza dei pori fra le molecole ci è dimostrata da molti altri fatti, tra cui ci è facile osservare direttamente quello che avviene nel miscuglio di certi liquidi, cui accennavamo più sopra: per esempio, se si mescola dell'acqua con dello spirito di vino, o con dell'acido solforico, il volume del miscuglio è minore della somma dei volumi dei due liquidi che si sono uniti a produrlo: qui adunque bisogna concludere che le particelle di un corpo si siano introdotte nei pori che separano quelle dell'altro. Quindi, aggiungiamo ancora, l'impenetrabilità della materia è proprietà delle sue particelle ultime, cioè dei suoi atomi.

Dal concetto della porosità sorge una distinzione che si può stabilire a proposito del volume dei corpi: noi sappiamo che il volume di un corpo è la porzione di spazio occupata da esso corpo: ma in verità questo è solo il *volume apparente* del corpo, perchè vi si comprendono pure gli spazi che separano le sue

molecole: la somma dei volumi di queste costituisce adunque il volume *reale* del corpo, volume che noi non possiamo in nessun modo determinare.

Dalla porosità, come l'abbiamo definita, si deve distinguere la porosità come si intende consuetamente: nell'uso questo vocabolo accenna all'esistenza di vuoti, di canali, in una parola di spazi in cui manca la materia, che non hanno nulla che fare coi pori intermolecolari di cui parlavamo. Egli è nel senso volgare che si dice che il legno, l'argilla, il pane sono porosi, e siccome questa loro proprietà dipende da circostanze variabili, così questa sorta di porosità vien detta *accidentale*. Così pure dobbiamo fare un'avvertenza intorno al noto sperimento degli accademici del Cimento: questi, per provare se l'acqua fosse comprimibile, ne riempirono una sfera d'oro cava, e poi, percuotendola col martello, con che se ne diminuisse il volume, videro l'acqua trapelare all'esterno e stendersi sulla superficie della sfera come un sottilissimo velo liquido, donde essi conclusero che l'acqua è incomprimibile ma che l'oro è poroso: invero questo sperimento fu male interpretato: l'acqua non era trapelata pei pori dell'oro, ma bensì per una quantità di minutissime fenditure che si eran prodotte nel metallo sotto alla pressione; d'altra parte sappiamo che l'acqua, e con essa tutti i liquidi, è comprimibile.

L'*elasticità* è la proprietà dei corpi per la quale essi riprendono o tendono a riprendere la loro forma e il loro volume primitivi quando cessa la forza che alterava questa forma o questo volume. L'*elasticità* si esercita in diversi modi nei corpi solidi, per *pressione*, per *trazione*, per *flessione* e per *torsione*: nei fluidi, i quali non hanno forma determinata, non può verificarsi che un solo modo di elasticità, ed è quella per *pressione*, di cui unicamente ci occuperemo qui, perchè le altre forme sono proprietà speciali dei solidi.

I corpi più elastici sono i fluidi, cioè i gas e i liquidi: per quanto vengano compressi, e per quanto tempo duri la compressione, essi riprendono sempre il volume di prima non appena cessa di agire la forza che aveva diminuito questo vo-

lume : quindi si dice che i fluidi hanno una elasticità *perfetta*, grande nei gas, piccola nei liquidi.

I corpi solidi all'incontro sono pure perfettamente elastici, ma solo entro a certi limiti : ciò significa che il corpo solido ritorna alla sua forma primiera allorquando la forza che ne lo ha allontanato non è stata troppo intensa, oppure non ha durato troppo a lungo : in caso opposto il solido conserva permanentemente la deformazione che ha subito, e allora si dice che è stato oltrepassato il *limite di elasticità*.

Qui conviene stabilire una distinzione : la *forza elastica* propriamente è lo sforzo che conviene fare per produrre un mutamento nelle posizioni relative di un corpo, ed è uguale all'energia con cui il corpo tende a tornare allo stato primiero : intesa la cosa in questo senso, è chiaro che una palla di avorio, o d'acciaio, è *più elastica* che non una, per esempio, di gomma elastica, poichè lo sforzo con cui una palla di avorio compressa tende a riprendere la sua forma sferica è molto superiore a quello della palla di gomma nelle stesse condizioni. Tuttavia nell'uso comune frequentemente si prende il limite di elasticità per l'elasticità stessa, e si dice che un corpo è molto elastico quando lo si può deformare molto senza che cessi di ritornare precisamente allo stato di prima : in questo senso evidentemente un filo di gomma è più elastico di uno di acciaio, ma se si vuol parlare esattamente bisogna ben distinguere la forza elastica, l'*elasticità*, dal suo *limite*, che è altra cosa.

Con uno sperimento semplicissimo possiamo riconoscere il mutamento di forma nei corpi solidi compressi, e il loro ritornare alla forma primiera in seguito alla elasticità : prendiamo una sfera di avorio o di vetro, e lasciamola cadere sopra un piano levigato coperto di un sottilissimo strato di sostanza colorata, per es., in rosso : la sfera rimbalza ad una certa altezza e se la prendiamo al rimbalzo la vediamo tinta in rosso non in un punto solo, ma bensì per una piccola calotta. Ora la geometria ci insegna che una sfera non tocca un piano che per un punto solo, onde dal nostro sperimento dobbiamo dedurre che la sfera si è schiacciata contro il piano su cui ha battuto :

ma siccome essa non si mostra ammaccata, evidentemente le sue molecole, prima compresse, hanno ripreso la posizione che avevano prima della compressione.

L'elasticità è utilizzata dall'uomo in modi svariatissimi: per esempio tutte le molle, da quelle grosse e fortissime dei veicoli da ferrovia a quelle delicatissime degli orologi, sono fondate sulla elasticità di flessione, i motori a vapore e ad aria si fondano sulla forza elastica dei gas, ecc.

L'*inerzia* è quella proprietà dei corpi per cui questi non possono mettersi da sè in movimento o modificare da sè il movimento che posseggono. L'inerzia della materia non è dunque, come si potrebbe credere intendendo il vocabolo nel suo significato consueto, una sorta di pigrizia della materia, quasi questa fosse incapace di agire: essa significa soltanto che un corpo non può agire *su sè stesso*, non può modificare il proprio stato di riposo o di movimento.

Tuttavia l'osservazione quotidiana parrebbe fornirci esempi continui opposti a questo principio, e continuamente noi vediamo un corpo abbandonato a sè stesso cadere, e i corpi in movimento fermarsi spontaneamente: ma se ci facciamo ad esaminare la cosa un po' più addentro vediamo che c'è sempre una causa al di fuori del corpo che operando su questo fa cessare o produce o modifica il movimento.

Così quando un corpo abbandonato a sè stesso si precipita verso la terra, cioè *cade*, non fa che obbedire alla attrazione della terra stessa, in cui pertanto risiede la causa del suo movimento: in vero quel corpo posto nello spazio ad una distanza tale da non sentir più l'azione di qualsiasi altro corpo, rimarrebbe immobile.

Così pure si dica dei corpi in movimento, che noi vediamo continuamente fermarsi: ciò dipende da varie cause, e principalmente dal fatto che essi si muovono in un mezzo fluido, in un gas, l'aria, che pone ostacolo al loro movimento; l'attrito, cioè lo sfregamento dei corpi l'uno contro l'altro, e finalmente l'attrazione terrestre.

Facilmente si prova la resistenza dell'aria con un semplicis-

simo esperimento. Abbiansi due piccoli mulinelli M e M' (fig. 1) mobilissimi e imperniati sopra assi indipendenti; per mezzo di due ruote dentate r e l e del peso m si imprime ai due mulinelli la stessa velocità: se ora le palette dei due mulinelli son disposte in modo che quelle dell'uno (M) battano l'aria di piatto e quelle dell'altro (M') la fendano, imprimendo ad essi eguale velocità, si vede il primo fermarsi molto prima del secondo. Che la cosa dipenda dalla resistenza dell'aria risulta da ciò che se si fa lo esperimento nel vuoto, cioè in uno spazio privo d'aria, i due mulinelli si fermano quasi insieme, e la piccola differenza che passa ancora tra loro dipende da ciò che non si può ottenere il vuoto assoluto, e quindi nel recipiente c'è ancora un po' d'aria.

Tutti sappiamo che i corpi abbandonati a sè stessi *cadono*, cioè si precipitano verso la superficie della terra; un corpo posato sopra un sostegno esercita una pressione su questo sostegno, e se è appeso ad una fune esercita una trazione sulla fune: tutti i corpi adunque tendono verso la superficie della terra. La causa di questo fenomeno risiede nella attrazione che la terra esercita sopra i corpi, e questa attrazione si chiama *gravità*, e si chiama *peso* del corpo la pressione che esso esercita sull'ostacolo che si oppone alla sua caduta.

La gravità, ossia l'attrazione della terra sui corpi, non è che un caso particolare di una forza più generale, che è l'attrazione che i corpi esercitano gli uni per gli altri: questa forza è l'*attrazione* o *gravitazione universale*, che si ammette come proprietà appartenente alle molecole di tutti i corpi. La gravitazione universale *varia in ragione della massa e in ragione inversa del quadrato della distanza*. Anche la gravità agisce secondo la

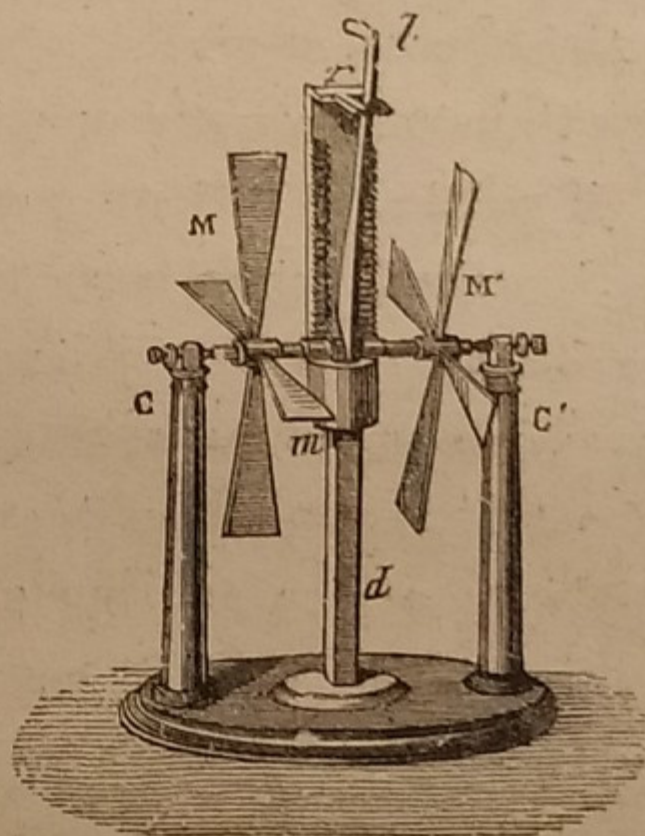


Fig. 1.
Resistenza dei mezzi.

stessa legge, e vedremo più oltre come si applichi questo principio ai corpi sulla superficie della terra.

Si chiama *moto* lo stato di un corpo che da un luogo passa in un altro; ora noi non possiamo riconoscere il movimento se non osservando il variare della sua distanza da altri corpi che supponiamo in riposo. Pertanto il moto, come il riposo, è *assoluto* e *relativo*: assoluto è il moto di un corpo rispetto ad altri corpi che siano nel riposo assoluto, cioè occupino sempre lo stesso luogo nello spazio; è relativo nel caso opposto: in natura non esiste, o almeno non si conosce riposo, e quindi moto assoluto: la terra, e con essa tutti i corpi terrestri, ruota su sè stessa, e gira attorno al sole, e anche questo si sposta continuamente nello spazio.

Il movimento di un corpo può essere di *traslazione* o di *rotazione*: nel primo caso tutti i punti del corpo si muovono parallelamente a sè stessi; nel secondo essi girano attorno ad un asse, rimanendone sempre ad eguale distanza: questi due movimenti possono combinarsi, e ciò appunto ha luogo sul nostro globo, che gira attorno al sole, e ruota su sè stesso.

Si chiama *mobile* il corpo di cui si considera il movimento, e si chiama *traiettoria* la via percorsa dal mobile e rappresentata da una linea: a seconda della natura di questa linea il moto è *rettilineo* o *curvilineo*. Il moto può essere *uniforme* o *variato*.

Si dice *uniforme* allorquando il mobile percorre spazi eguali in tempi eguali: in questo caso lo *spazio percorso nell'unità di tempo* si chiama la *velocità* del mobile. Per unità di tempo si sceglie generalmente il minuto secondo. Nel moto uniforme la velocità è costante.

Variato è il movimento allorquando il mobile in tempi eguali percorre spazi diseguali: è chiaro che vi possono essere infinite forme di movimento variato, ma noi non considereremo se non il moto *uniformemente variato*. Questo è quel moto in cui gli spazi percorsi in tempi eguali crescono o diminuiscono sempre di una stessa quantità: quando la velocità cresce, il moto è

è uniformemente accelerato e quando diminuisce, uniformemente ritardato. Abbiamo esempio di quest' ultimo movimento in un corpo lanciato verticalmente dal basso in alto, e del movimento opposto in un corpo che cade.

La definizione che abbiamo dato della velocità rispetto al moto uniforme non è qui applicabile; nel moto uniformemente variato diciamo che la velocità in un dato istante è *eguale alla velocità del moto uniforme* che animerebbe il mobile se nell' istante considerato venisse abbandonato a sè stesso, cioè fosse sottratto a tutte le cause che ne modificano il movimento.

Ecco le leggi principali che regolano il moto uniformemente accelerato :

Le velocità crescono proporzionalmente ai tempi, cioè dopo un tempo doppio, triplo, ecc., la velocità è due, tre, ecc., volte maggiore.

Gli spazi percorsi sono proporzionali ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli: cioè se 1 rappresenta lo spazio percorso in un minuto secondo, gli spazi percorsi in 2, 3, 4, ecc., minuti secondi sono rappresentati da 4, 9, 16, ecc.

Siccome un corpo non può spontaneamente mettersi in movimento nè modificare quello che ha, conviene che esistano delle cause estrinseche ai corpi capaci di produrre o di alterare il movimento: tali cause vengon dette *forze*. Si dà adunque il nome di *forza* ad ogni causa che produce o altera un movimento. Ora siccome non esiste in natura nessun fatto, nessun *fenomeno*, come si dice propriamente, che non sia movimento o la conseguenza di un movimento, consegue che ogni fenomeno è prodotto da una forza. Quella parte della fisica che studia le forze e i movimenti è la *Meccanica*, di cui daremo alcune nozioni più semplici.

Si chiama *punto di applicazione* di una forza quel punto di un corpo sul quale la forza agisce direttamente. Quando si applica una forza ad un corpo, raramente avviene che essa agisca direttamente su tutto il corpo; più spesso opera soltanto sul punto cui è applicata direttamente, e altri punti si mettono in

movimento solo per ciò che sono collegati con quello su cui ha agito la forza; così una molla, che spiegandosi urta sopra una sfera, la pone in movimento, sebbene non ne tocchi che pochissimi punti.

La *direzione* di una forza è la linea retta che tende a percorrere, se non vi ha ostacolo che si opponga, il punto a cui si è applicata la forza. Finalmente nelle forze si deve considerare ancora l'*intensità*, cioè l'energia con cui opera la forza: il che si esprime col numero di unità di forza che contiene.

Siccome all'azione di una forza si può sempre sostituire quella di un peso, così nella pratica si prende per unità di forza lo sforzo con cui l'unità di peso, cioè un chilogrammo, tende il

cordone che lo sostiene, e così si dice che una forza è uguale a sette chilogrammi. Si misurano poi le forze mediante strumenti appositi i *dinamometri*, fondati sulla elasticità di flessione.

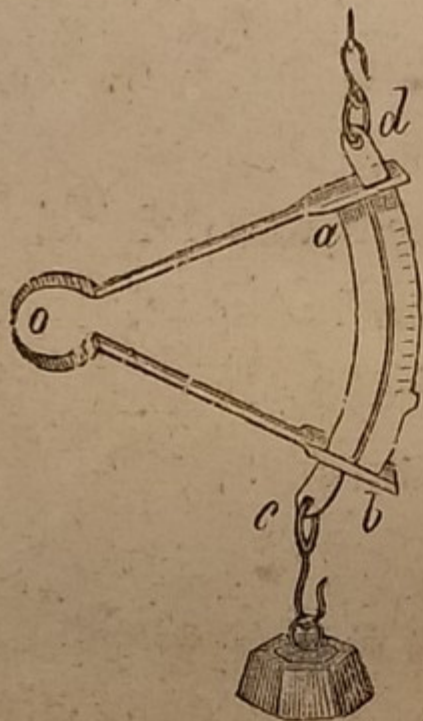


Fig. 2. Dinamometro.

Ecco uno di questi strumenti. Una lamina d'acciaio *d o b* (fig. 2), in forma di V smozzato, porta alle sue estremità due archi *ac*, e *bd*, saldati alle sue estremità, e che possono passare per due fori corrispondenti praticati nelle estremità dei due rami: uno dei due archi è graduato, cioè è segnato di linee trasversali poste ad eguale distanza. Sospeso l'apparecchio per un gancio che passa nell'anello *d*, se si esercita uno sforzo in *c*, è maggiore lo sforzo esercitato: leggendo sull'arco graduato l'avvicinamento dei due rami, si conosce lo sforzo stesso. Lo strumento vien graduato mediante dei pesi, cioè sospendendo all'anello *c*, dei pesi successivamente crescenti, uno, due, tre, ecc., chilogrammi, e segnando sull'arco *db*, delle linee numerate nei punti dove l'arco si ferma sotto all'azione dei pesi. Vi hanno poi altre numerose forme di dinamometri, su cui non ci tratterremo.

Si sogliono rappresentare le forze con linee rette che partono dal punto di applicazione (cioè quel punto su cui la forza opera

direttamente) e si estendono nella direzione delle forze stesse, e contengono tante volte l'unità di lunghezza quante la forza contiene l'unità di forza: con questa si ha il doppio vantaggio di rappresentare la direzione e l'intensità delle forze. Così le due rette MP e MQ (fig. 3) ci rappresentano le due forze che operano nella direzione delle linee indefinite Mp e Mq, e di più ci mostrano che le due forze stanno fra loro come 8 e 5, perchè l'unità di lunghezza è contenuta in esse altrettante volte rispettivamente.

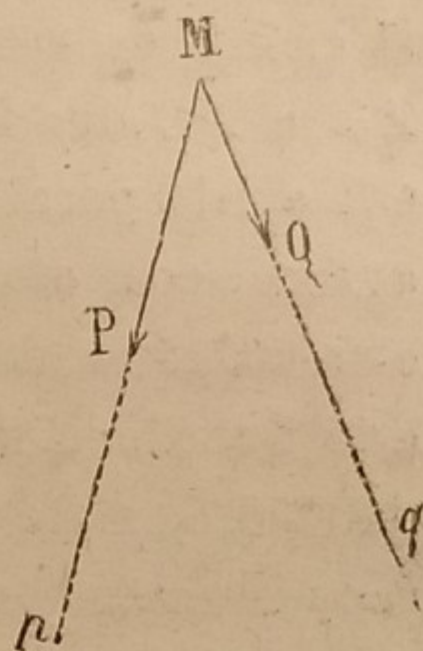


Fig. 3.

Quando due e più forze operano in modo tale che il loro risultamento finale è nullo, cioè si elidono reciprocamente, si dice che queste forze si fanno *equilibrio*: così pure si dice quando due o più forze che agiscono sopra un corpo in movimento non ne alterano il movimento.

Tutti i corpi che vediamo alla superficie della terra e che ci paiono in riposo, sono in equilibrio, perchè sono assoggettati almeno alla attrazione terrestre: non esiste in natura il *riposo assoluto*, che sarebbe lo stato di un corpo su cui non agisse nessuna forza. Due forze eguali e contrarie, cioè operanti in direzione opposta, si fanno equilibrio.

Quando due o più forze operano sopra un corpo, esse possono, nel maggior numero dei casi, riassumersi in una forza sola, che da sè sola esercita un'azione pari alla somma delle azioni di tutte le altre; queste si chiamano *componenti*, e quella *risultante*.

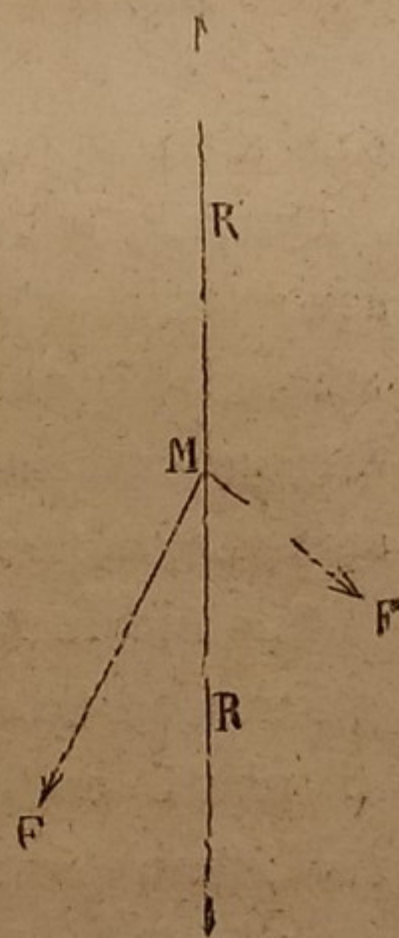


Fig. 4.

Supponiamo il punto materiale M (fig. 4) animato da due forze MF e MF': evidentemente esso non può seguire la direzione di entrambe le forze, e neppure quella di una di esse, ma deve prenderne una intermedia fra le due: ora se applichiamo al punto M una forza R'

di sufficiente intensità otterremo l'equilibrio, cioè manterremo in quiete il punto M. Ora, una forza R, eguale e direttamente contraria alla R', è la risultante delle due forze MF e MF'.

Quando due o più forze sono applicate ad uno stesso punto si chiamano *concorrenti*. Rappresentiamo con due rette (fig. 5) AB e AC due forze concorrenti nel punto A; tiriamo due rette CR e BR parallele rispettivamente alle direzioni delle forze: avremo così costruito il *parallelogramma delle forze*, da cui si ottiene la risultante in virtù del teorema che: la risultante di due forze concorrenti è rappresentata in direzione ed intensità dalla diagonale del parallelogramma costruito sulle rette che rappresentano quelle forze. Nel caso nostro la diagonale AR rappresenta la risultante delle due forze AB e AC. Quando invece di due si hanno parecchie forze concorrenti, se ne trova la ri-

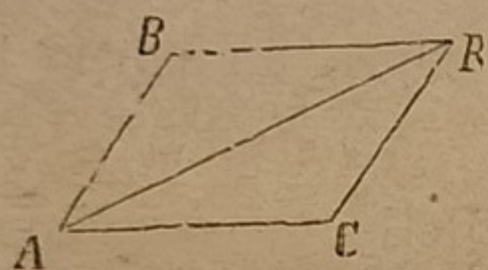


Fig. 5.

sultante costruendo il parallelogramma di due qualunque di quelle forze e poi di nuovo il parallelogramma della risultante così ottenuta con una terza di quelle forze, e così di seguito. Reciprocamente si può decomporre una forza in

due altre applicate allo stesso punto.

Quando le forze concorrenti non fanno un angolo fra loro, e sono tutte sulla stessa retta, la loro risultante è eguale alla somma di quelle dirette in un senso, meno la somma di quelle dirette in senso opposto: il corpo si muove nella direzione della somma più grande.

Quando le forze sono parallele non possono più venire applicate ad uno stesso punto, ma possono esserlo ad un sistema di punti collegati fra loro. Due forze parallele e dirette nel medesimo senso, cioè *cospiranti*, applicate ad un sistema di punti collegati insieme, hanno una risultante eguale alla loro somma, e diretta nello stesso senso, e quindi parallela alle componenti; il punto di applicazione di questa risultante divide la retta che congiunge i punti di applicazione in due parti che sono inversamente proporzionali alle componenti.

Quando le forze parallele che agiscono sopra un corpo sono

in numero maggiore di due, se ne trova la risultante cercando quella di due qualunque di esse, poi quella della risultante così trovata e di una terza forza, e così di seguito: per tal modo si giunge ad una risultante unica, pari alla somma di tutte le componenti, diretta nello stesso senso, ed applicata in un punto invariabile, che vien detto *centro delle forze parallele*.

Si dà il nome di macchina a *qualunque ordigno destinato a trasmettere l'azione della forza* cambiandone la direzione e l'intensità o anche a *mettere in equilibrio delle forze che altrimenti non si equilibrerebbero*. In ogni macchina esistono sempre due sistemi di forze: le une sono le *resistenze* o forze resistenti, che debbono essere vinte, le altre sono le *potenze* o *forze motrici*, atte a vincere le resistenze. Queste ultime sono di due sorta: *resistenze utili*, o di *primo ordine*, che sono quelle che bisogna vincere per ottenere l'effetto che si cerca; tali sono ad esempio la resistenza che il legno oppone alla sega, il grano all'azione della macina; le *resistenze passive* o di *secondo ordine* che sono quelle prodotte dagli ostacoli che la macchina incontra nel suo movimento: queste sono l'*attrito*, cioè lo sfregamento contro parti fisse, la *rigidezza delle funi* e la *resistenza dei mezzi*. Per quanto è possibile si cerca di diminuire queste resistenze.

Si chiama *macchina composta* quella che risulta di più parti che possono operare da sè come macchine, e si chiama *macchina semplice* quella che non può risolversi in altre: nella macchina semplice la potenza e la resistenza utile sono applicate allo stesso corpo, o a due corpi diversi che operano l'uno sull'altro senza intermediarî; nella composta invece esistono cosiffatti intermediarî.

Le macchine semplici propriamente parlando si riducono a due, la *leva* e il *piano inclinato*: tuttavia a queste si aggiungono la *carrucola* o *puleggia*, e il *tornio*, che si riducono alla leva, e il *cuneo* e la *vite*, che sono modificazioni del piano inclinato.

La leva è un'asta o spranga rigida, diritta, o curva, o angolare che gira intorno a un punto fisso, il *fulero*, su cui si ap-

plicano in due punti diversi A e B (fig. 6, 7, 8), la potenza, P, e la resistenza, Q, che tendono a farla girare in senso opposto.

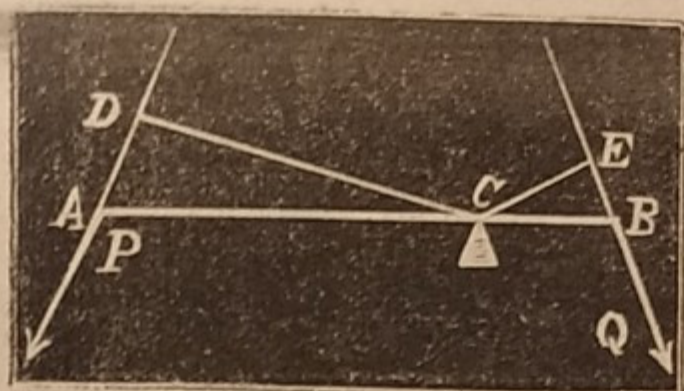


Fig. 6.

tanto più grande deve essere il suo braccio di leva in confronto di quello della resistenza, e reciprocamente. Da questo teorema consegue che quanto si guadagna in forza si perde in velocità, prin-

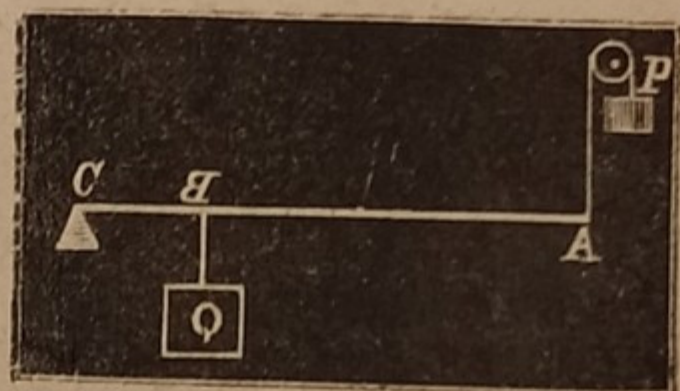


Fig. 7.

cipto che si applica a tutte le macchine senza eccezione.

Dalla posizione del fulcro rispetto alla potenza e alla resistenza si distinguono tre generi di leva:

1.^o *Leva di primo genere*, quando il fulcro è tra la resistenza e la potenza (fig. 6). Spettano a questo genere le forbici, le tanaglie, le smoccolatoie, che risultano di un sistema di due leve, nelle quali il perno opera come fulcro, mentre la resistenza è rappresentata dall'oggetto da tagliare o da stringere; la potenza è lo sforzo che si fa all'estremità dei manichi.

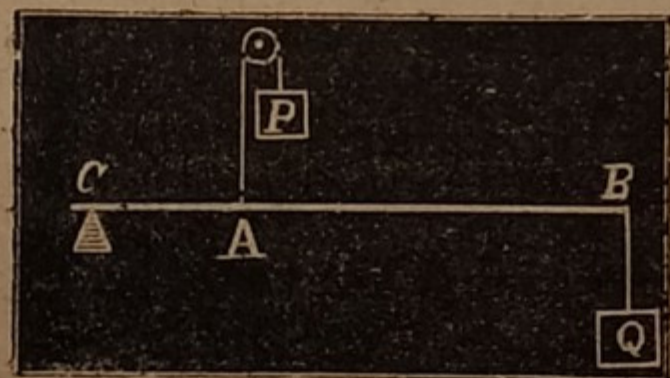


Fig. 8.

2.^o *Leva di secondo genere*, quando la resistenza è fra il fulcro e la potenza (fig. 7). Tali sono i remi di barcaioli, lo schiaccianoci, i mantici, i trinciapaglia, ecc.

3.^o *Leva di terzo genere*, quando la potenza è posta fra il fulcro e la resistenza (fig. 8). Tali sono le molle, le pinze, i pedali dell'organo e dell'arruotino, ecc.; così pure negli animali vertebrati le ossa coi loro muscoli formano delle leve di terzo

genere, in cui la potenza è costituita dalla contrattilità della fibra muscolare.

Di queste tre sorta di leve la più favorevole è quella di secondo genere, in cui la potenza è sempre minore della resistenza; quella di terzo genere è in condizione opposta, cioè la potenza è sempre maggiore della resistenza; nelle leve di primo genere si possono verificare i due casi: quando due forze diseguali si fanno equilibrio la più piccola è applicata al braccio di leva più lungo, e reciprocamente. Quando si dice che una leva è « favorevole » alla potenza si intende semplicemente che con una potenza piccola si può far equilibrio e muovere una grande resistenza, ma bisogna ricordare che quanto maggiore è la differenza fra le due forze, altret-

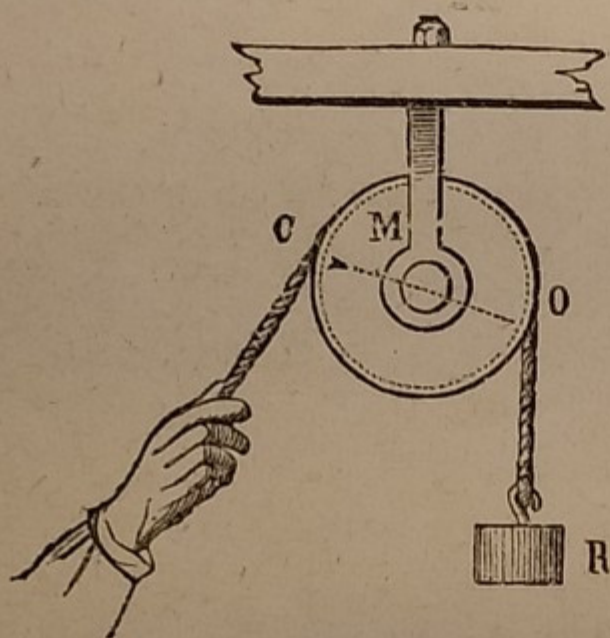


Fig. 9. Puleggia fissa.

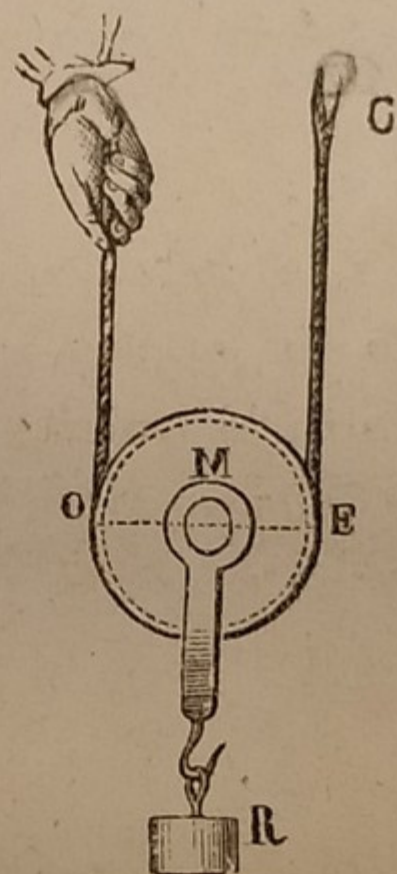


Fig. 10. Puleggia mobile.

tanto maggiore è lo spazio percorso dalla potenza rispetto a quello percorso dalla resistenza.

La *carrucola* o *puleggia* (fig. 9 e 10), è un disco di legno o di metallo che gira intorno ad un asse, contenuto entro a una sorta di forchetta, chiamata la *staffa*; sulla periferia del disco vi ha una scanalatura chiamata *gola*, in cui si introduce una fune, alle due estremità della quale sono applicate la potenza e la resistenza.

La carrucola vien detta *fissa* quando la rotella gira intorno al proprio asse senza mutare di posto: in questo caso la staffa è fissata (fig. 9); vien detta *mobile* (fig. 10) allorquando è la

corda che è fissata per una delle sue estremità, e la staffa sostiene il peso R.

La carrucola fissa è una leva di primo genere, in cui la potenza e la resistenza (fig. 9) sono applicate alle estremità della leva CMO, di cui il fulcro è in M, cioè nell'asse della carrucola: i bracci di leva CM e MO sono eguali: qui per ottenere l'equilibrio *la potenza deve uguagliare la resistenza*.

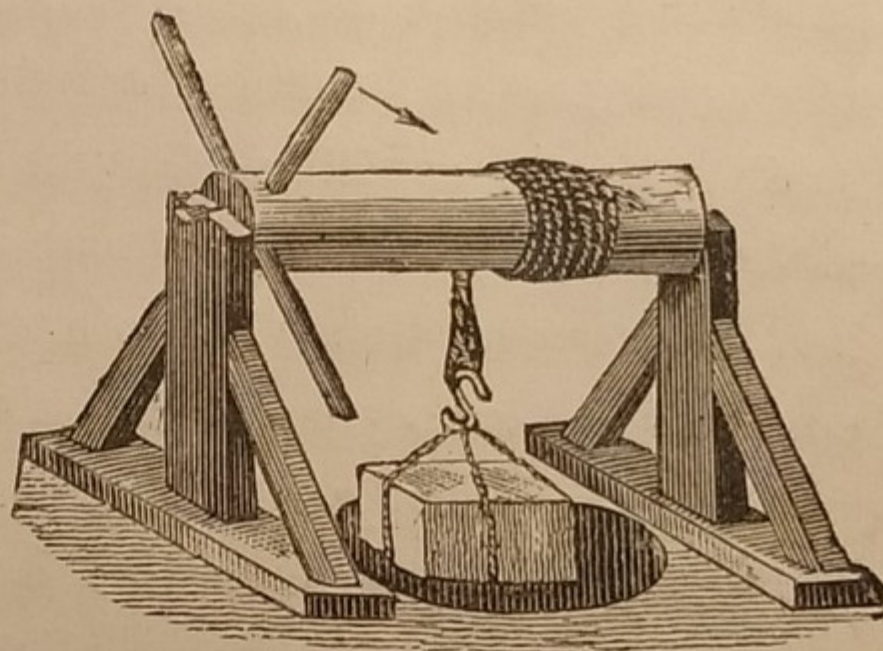


Fig. 11. Verricello.

La puleggia mobile è una leva di secondo genere che ha il fulcro in C (fig. 10), la potenza in O e la resistenza in M: si ottiene l'equilibrio quando *la potenza è pari alla metà della resistenza*. Invero il braccio di leva della potenza è il diametro della carrucola, e quello della resistenza ne è soltanto il raggio.

Il *tornio* consiste in un cilindro di legno o di metallo, detto

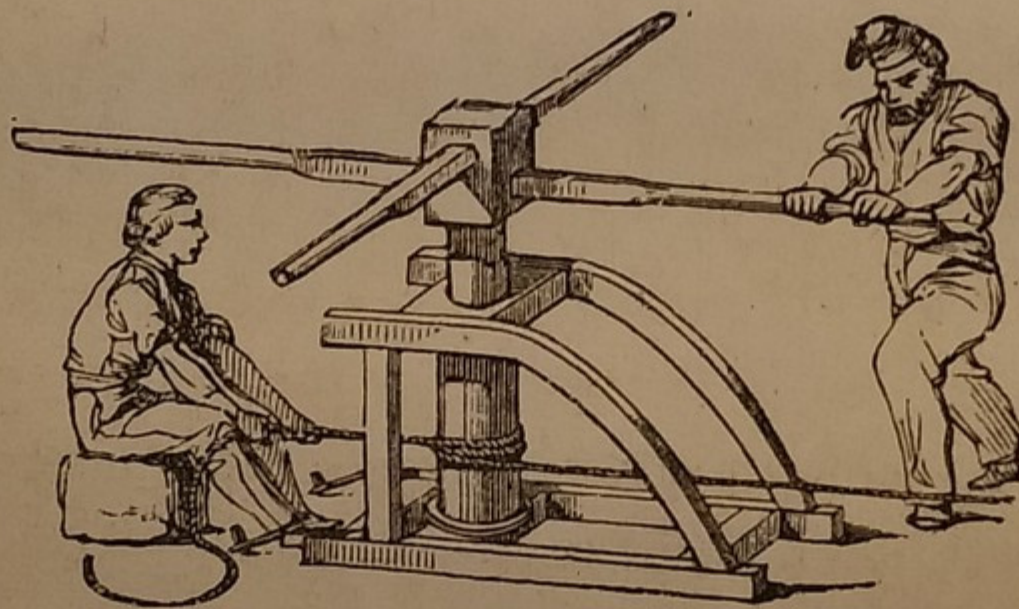


Fig. 12. Argano.

subbio, girevole attorno al suo asse, e sul quale si avvolge una corda, a cui è attaccata la resistenza.

La potenza opera a far girare il cilindro, e per questo si adattano ad una delle sue estremità delle manovelle infitte nel subbio perpendicolarmente al suo asse: in questo caso il tornio prende il nome di *verricello* (fig. 11). Quando il subbio invece di essere orizzontale è verticale si ha l'*argano* (fig. 12).

Il tornio è pur esso una leva di primo genere, in cui il braccio della potenza è eguale alla lunghezza della manovella, e il braccio della resistenza è eguale al raggio del cilindro. Quindi per l'equilibrio *la potenza deve stare alla resistenza come il raggio del subbio sta alla lunghezza della manovella*: così per sollevare un dato peso si risparmierà tanto più in forza quanto più sottile sarà il subbio e più lunghe le manovelle.

Si chiama *piano inclinato* qualunque piano che fa un angolo coll'orizzonte. La macchina che porta questo nome si può ottenere disponendo obliquamente delle travi e degli assi. Nella sezione il piano inclinato appare come un triangolo: la retta AL (fig. 13) rappresenta *la lunghezza* del piano inclinato, la verticale AT abbassata dall'estremità A ne è l'*altezza*, e l'oriz-

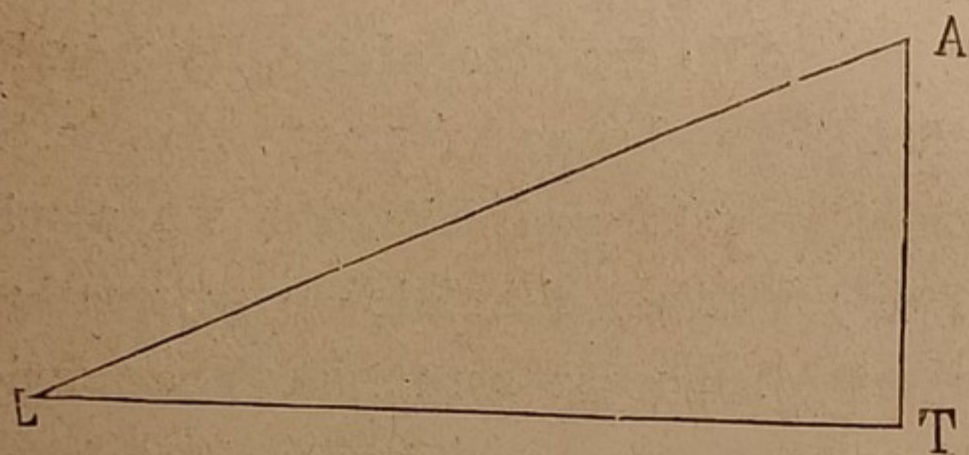


Fig. 13. Piano inclinato.

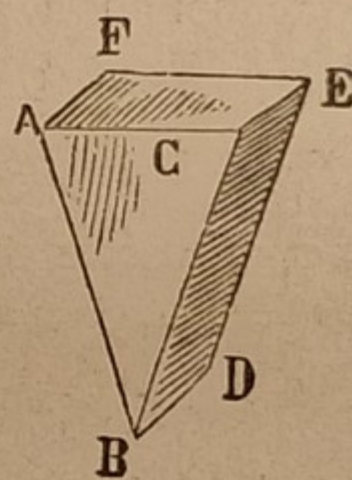


Fig. 14. Cuneo.

zontale LT che congiunge l'estremità L del piano col piede della perpendicolare è *la base* del piano inclinato.

Per trattenere o per far salire un corpo lungo un piano inclinato si può fare agire una forza parallelamente all'altezza del piano, per esempio con un peso, oppure parallelamente alla base del piano. Nel primo caso per l'equilibrio è necessario che *la potenza stia alla resistenza, ossia la forza stia al peso del corpo, come l'altezza sta alla lunghezza del piano*. Nel secondo caso, cioè quando la potenza opera parallelamente alla base, *bisogna che la potenza stia alla resistenza, cioè al peso del corpo, come l'altezza del piano sta alla sua base*.

Il *cuneo* (fig. 14) consiste in due piani inclinati eguali riuniti per le loro basi: serve specialmente a fendere i corpi, per sollevare pesi o per comprimere. Nel cuneo la superficie ACEF è

la *testa* del cuneo, e le due facce ABDF e CBDE ne formano i *fianchi*, che si riuniscono per formare lo spigolo BD, che è il *filo* o *tagliente* del cuneo. La potenza è applicata perpendicolarmente sulla testa del cuneo e la resistenza consiste nella pressione esercitata sui fianchi dai corpi che bisogna fendere, premere o sollevare. Nel cuneo adunque *la potenza sta alla resistenza come la testa sta ad uno dei fianchi*. Pertanto *la potenza sarà tanto minore della resistenza quanto più acuto sarà l'angolo formato dai fianchi*.

Tutti gli strumenti da punta e da taglio sono cunei in cui il lato è lunghissimo relativamente alla testa; i manichi in questi strumenti operano come leva.

La vite consiste in un cilindro massiccio di legno o di metallo attorno a cui è avvolta una spirale in rilievo, che vien detta il *pane* della vite. L'intervallo fra due giri della spirale contigui è il *passo* della vite. Il cilindro così formato vien detto il *maschio*, che si fa girare entro alla *madrevite*, che è una spirale incavata nell'interno di un corpo cilindrico o prismatico entro a cui si muove il maschio. Questo strumento ha varie disposizioni, e ora la madrevite è fissa, ora invece è mobile: comunque sia questo ordigno può esercitare sforzi grandissimi. La vite si riduce a un sistema di piani inclinati, cosicchè la sua condizione di equilibrio è che *la potenza stia alla resistenza come il passo della vite sta alla periferia del maschio*. Siccome poi la forza o potenza si applica alla estremità di una manovella, e non al cilindro stesso, così *la potenza sta alla resistenza come il passo sta alla circonferenza descritta dalla manovella*.

La vite riceve numerose applicazioni, e tutti conoscono i torchi, gli strettoi, ecc.

Quanto abbiamo detto sinora delle macchine si riferisce al loro stato di equilibrio, nel quale caso la macchina non compie nessun lavoro: perchè ci sia *lavoro* bisogna che *la resistenza sia vinta e spostata*. Il lavoro di una forza costante è dato dal *cammino percorso dal suo punto di applicazione moltiplicato per l'intensità della forza*. Questa definizione consegue da quello che abbiamo veduto nelle macchine, cioè che quanto si guadagna

in forza si perde in tempo e velocità, perchè il cammino percorso dalla resistenza è tanto minore di quello della potenza quanto questa è più piccola della resistenza. Quindi moltiplicando la potenza e la resistenza pel cammino da esse rispettivamente percorso, colla qual cosa otteniamo il lavoro LP della potenza e il lavoro LQ della resistenza, avremo sempre due prodotti eguali.

Pertanto la macchina non crea assolutamente nessun lavoro, anzi ne consuma a motivo degli ostacoli che si oppongono al moto, ossia le resistenze passive; ma si adoperano perchè sole danno il mezzo di utilizzare certe forze, come, ad esempio, la forza elastica del vapore, quella di una caduta d'acqua, ecc.

In realtà il prodotto LP non è mai perfettamente eguale al prodotto LQ; il lavoro della potenza è sempre alquanto maggiore di quello della resistenza, perchè a questo bisogna aggiungere quello necessario a vincere le resistenze passive, che abbiamo indicato precedentemente, e che dipendono esclusivamente dal moto stesso della macchina. Tra queste ha grande importanza l'*attrito*, cioè quella resistenza che s'incontra quando si vuol far strisciare o rotolare un corpo sopra un piano.

Si ha scelto per *unità di lavoro* il *chilogrammetro*, cioè il lavoro necessario per alzare un chilogrammo all'altezza di un metro in un minuto secondo. Il *cavallo-vapore* vale 75 chilogrammetri, e il *dinamodo* ne vale 1000.

II. — Peso dei liquidi. — Bilancia. — Centro di gravità. — Pendolo.

I corpi abbandonati a sè stessi si precipitano verso la superficie della terra, o, come si dice, *cadono*: la causa di questo fenomeno vien detta *gravità*.

La gravità è dovuta all'attrazione della terra sui corpi, e non è che un caso particolare di un fenomeno generale, cioè, l'*attrazione* che i corpi esercitano l'uno su l'altro. Questa attra-

zione vien detta *gravitazione universale*, ed è retta da queste due leggi:

- 1.^o I corpi si attraggono in ragione diretta delle masse;
- 2.^o L'attrazione varia in ragione inversa del quadrato della distanza.



Fig. 15.
Caduta
dei corpi
nel vuoto.

Anche la gravità, come la gravitazione, agisce in ragione diretta della massa e in ragione inversa del quadrato della distanza: si esercita egualmente su tutti i corpi, e le eccezioni apparenti a questa legge sono dovute alla presenza dell'aria. Ciò si dimostra con uno sperimento semplicissimo. In un tubo lungo due o tre metri (fig. 15), munito di una chiavetta per cui si può estrarre l'aria, si introducono diversi corpi di varia natura, come un pezzo di piombo, uno di legno e dei pezzetti di carta, e delle pagliuzze, ecc., in una parola dei corpi di peso molto diverso; tolta l'aria dal tubo e capovolto questo, si osserva che i corpi impiegano lo stesso tempo a cadere sul fondo del tubo. Se poi si apre la chiavetta, e si lascia entrare l'aria, si vede che impiegano nel cadere tempi diversissimi, giungendo prima i più pesanti.

Da questo sperimento si deduce che *la velocità con cui un corpo cade è indipendente dalla natura di questo corpo*, o, in altre parole, *che tutti i corpi pesano egualmente*. S'intende che questa legge si riferisce alle *molecole* dei corpi, le quali sono attratte tutte colla stessa forza.

La *direzione* del peso, cioè la direzione che seguono i corpi nel cadere, è determinata dalla forma della terra. Essendo questa una sfera, i corpi cadendo devono seguire una direzione che passa pel centro della terra, ossia *la direzione della gravità è sul prolungamento del raggio terrestre*. Ciò dipende dal fatto che una sfera attrae come se tutta la sua massa fosse riunita al suo centro. La direzione della gravità, cioè la retta seguita dai corpi cadendo, si chiama *verti-*

cale; la linea o il piano perpendicolare alla verticale si chiama *orizzontale*.

La verticale si determina col *filo a piombo* (fig. 16), cioè un filo cui è sospesa una palla o un cilindretto di piombo: abbandonato a sè questo filo, fissato per l'estremità superiore, si dispone secondo la verticale. Il piano orizzontale ci è dato dal livello dell'acqua stagnante.

Il peso di un corpo è, come abbiamo detto, la pressione che esso esercita sopra una base orizzontale; questo è il *peso assoluto*, o semplicemente il *peso* del corpo. Esso dipende dalla gravità, ed è la risultante delle azioni della gravità sulle molecole del corpo, e quindi cresce proporzionalmente alla *massa* del corpo, cioè alla quantità di materia, contenuta in esso corpo. Siccome non possiamo determinare la massa dei corpi, così neppure possiamo determinare il peso assoluto, ma solo il *peso relativo*.

Il *peso relativo* di un corpo, che è quello che si determina colla bilancia, è il peso di quel corpo riferito ad un altro corpo che serve come unità di peso. Nel nostro sistema di misura l'unità di peso è il *grammo*, che è il peso d'un centimetro cubo d'acqua, allo stato di purezza perfetta, ossia distillata, e alla temperatura di $+ 4^{\circ}$ gradi.

Il peso relativo dei corpi viene determinato colla bilancia. Nella bilancia si distinguono il *fusto* o *giogo*, che è una leva di primo genere, a *bracci eguali*, girevole intorno ad un asse rappresentato da un perno, sullo spigolo del quale si appoggia il giogo: questo perno ha la forma di un prisma triangolare e vien detto *coltello*. Alle due estremità del giogo stanno appesi due *piatti* o *bacini*, in uno dei quali si colloca la sostanza da pesare e nell'altro dei corpi di peso noto. Nella parte mediana del giogo è fissato un lungo indice che oscilla davanti ad un arco graduato, unito alla colonna che sostiene il giogo: questo indice serve a mostrare se il giogo è orizzontale.

Una bilancia deve soddisfare a due condizioni: primo, deve



Fig. 16.
Filo
a piombo.

essere *esatta*, cioè dare la pesata con precisione; secondo, deve

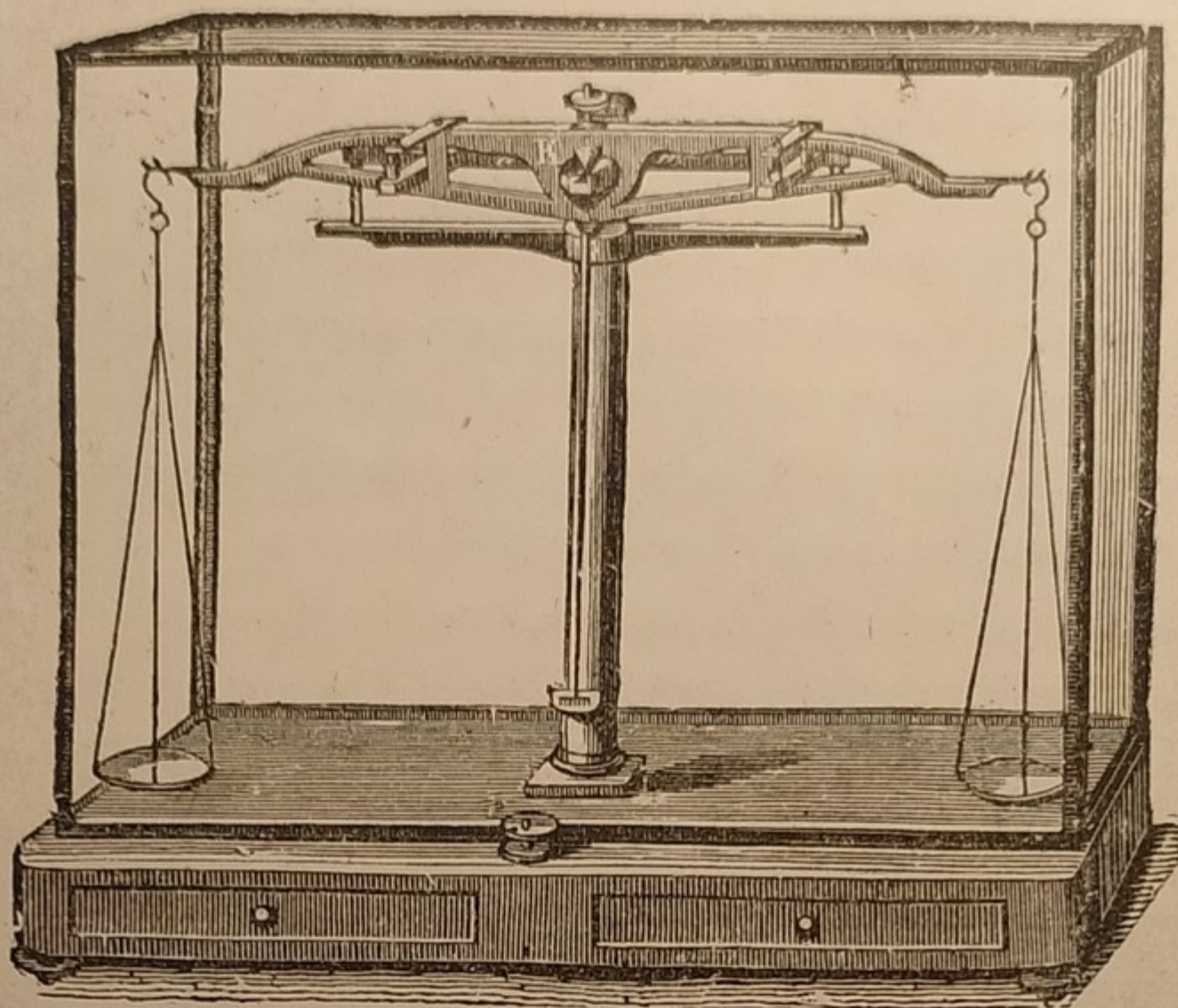


Fig. 17. Bilancia di precisione.

essere *sensibile*, cioè deve oscillare sotto all'influenza di pesi piccolissimi.

Per l'esattezza i due bracci devono avere la stessa lunghezza,

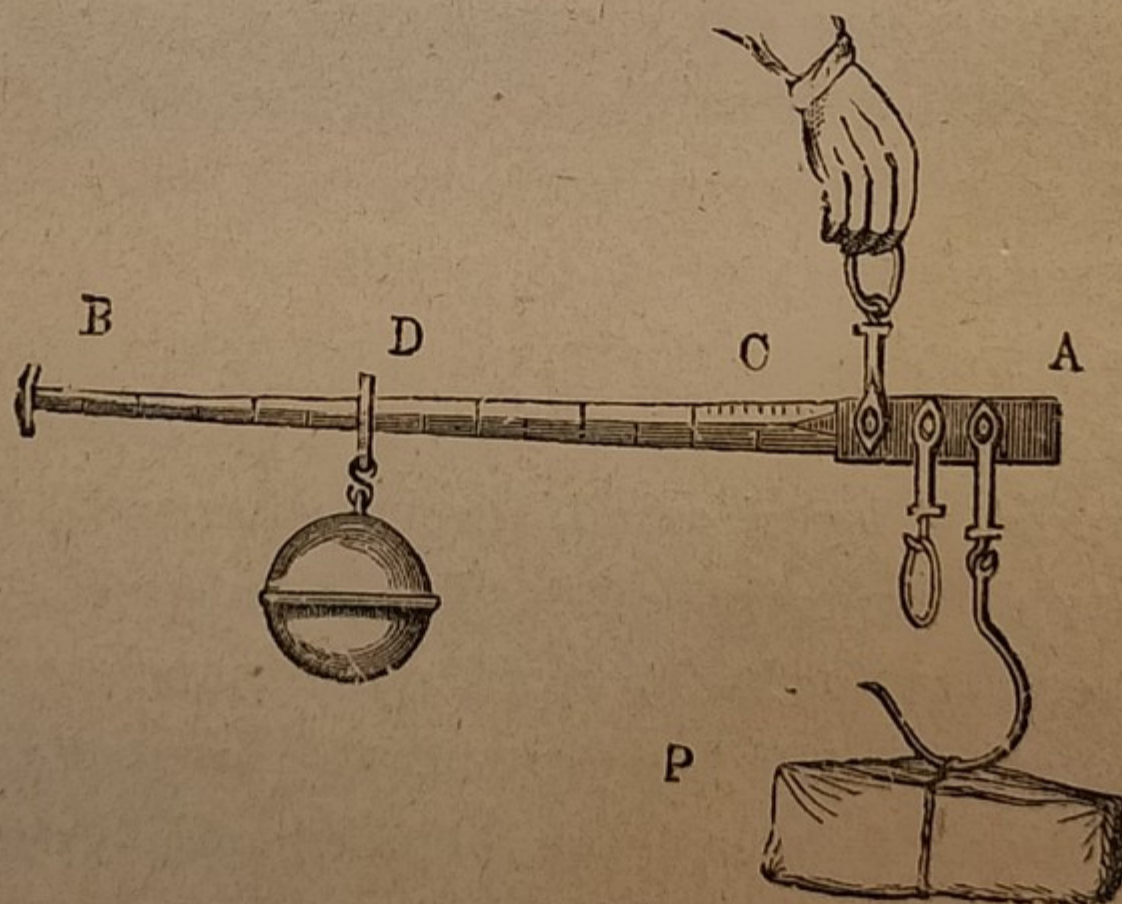


Fig. 18. Stadera.

perchè altrimenti, secondo la teoria della leva, affinchè si facessero equilibrio, bisognerebbe mettere sui piatti dei pesi diseguali; inoltre bisogna ancora che i bracci abbiano lo stesso

peso. Bisogna pure che, con o senza piatti, invertendo la loro posizione, il giogo si conservi sempre orizzontale. Per la sensibilità si richiede: 1.^o che i bracci siano lunghi; 2.^o che il peso del giogo e dei piatti sia piccolo; 3.^o che i tre punti di sospensione dei piatti e del giogo siano in linea retta.

Nella fig. 17 rappresentiamo una *bilancia di precisione*, quali si usano nelle ricerche fisiche e chimiche e che segnano differenze di peso perfino di mezzo milligramma.

Un'altra bilancia assai comunemente usata nel commercio è la *stadera* (fig. 18), che è pure una leva di primo genere, ma a bracci diseguali, e girevole intorno ad un perno. All'estremità A del braccio più corto della leva si applica il peso sia mediante un uncino, sia in un piatto attaccato con catenelle. Sull'altro braccio si può far scorrere un peso D che vien chiamato il *romano*, che si sposta colla mano fino a che sia ristabilito l'equilibrio, cioè il giogo A B sia orizzontale. Se la stadera è costruita in modo che il suo giogo rimanga orizzontale quando non sostiene nessun peso, nè il romano, è chiaro che attaccando un peso al gancio, e poi ristabilendo l'equilibrio allontanando il romano quanto basti dal punto d'appoggio, la distanza CD del romano dal punto di sospensione è proporzionale al peso P: per tal modo si può graduare la leva segnandola di linee poste ad eguale distanza, le quali corrispondono ad unità di peso note. Così, se bisogna portare il romano, poniamo al numero 7 per equilibrare un dato peso, vuol dire che quel corpo contiene sette delle unità di peso segnate dalle divisioni della stadera.

Il *peso specifico*, detto anche usualmente *densità*, di un corpo è il rapporto che passa fra il suo peso relativo e il peso di un egual volume d'acqua distillata e a $+4$ gradi. Il peso specifico dipende dalla diversa porosità dei corpi, per cui a parità di volume la massa dei diversi corpi è diversa. Quando si dice che il peso specifico del piombo è eguale a 11, e quello dello sughero è uguale a $\frac{2}{10}$, ciò significa che un pezzo di piombo pesa 11 volte più di un egual volume d'acqua e un pezzo di sughero pesa $\frac{2}{10}$ di un egual volume d'acqua.

Da queste poche proposizioni si rilevano le seguenti relazioni:

- 1.^o Il peso è proporzionale al volume ;
- 2.^o A volumi eguali, il peso è proporzionale al peso specifico ;
- 3.^o A pesi eguali, il peso specifico è in ragione inversa dei volumi.

La gravità opera sopra ciascuna delle molecole di un corpo attraendole verso la superficie della terra : ora siccome le direzioni secondo cui le molecole tendono a cadere sono parallele, e ogni molecola risente l'azione della gravità con pari intensità, ne consegue che le azioni parziali sulle molecole del corpo possono venire rappresentate da tante rette eguali, parallele, e dirette all'ingiù secondo la verticale. Ora noi possiamo comporre queste forze cospiranti e trovarne la risultante unica : questa appunto è il peso del corpo.

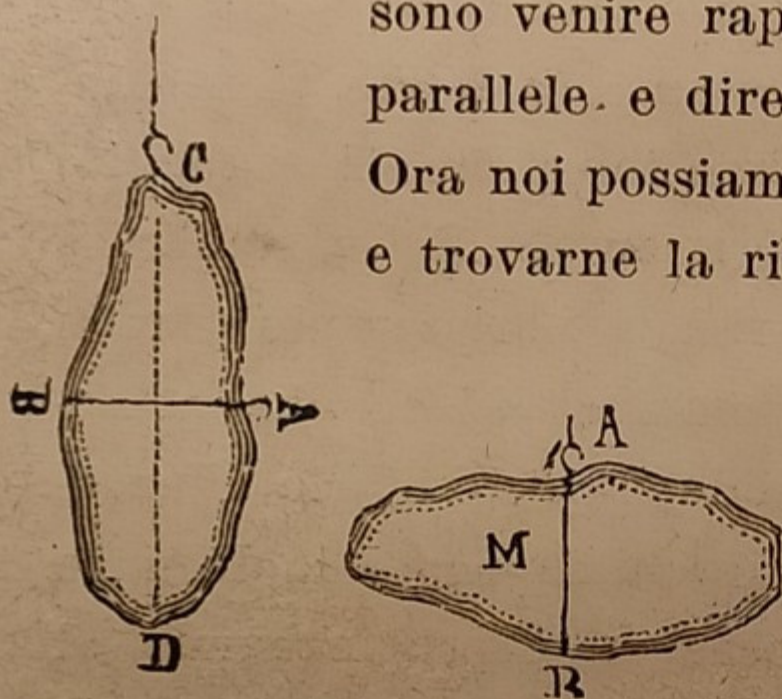


Fig. 19.

Il punto dove è applicata la risultante delle azioni parziali della gravità sulle molecole del corpo, cioè il *punto di applicazione del peso*, vien detto il *centro di gravità* di quel corpo.

Quando il centro di gravità è fissato, il corpo rimane in equilibrio qualunque sia la posizione in cui lo si mette, facendolo girare intorno a questo punto supposto fisso : da questa proprietà si può definire praticamente il centro di gravità : *il punto attorno al quale il corpo si tiene in equilibrio in tutte le sue posizioni.*

Quando un corpo ha una forma geometrica regolare il centro di gravità coincide col centro di figura ; così nella sfera, nel circolo, in un poligono regolare esso è posto nel loro centro ; in un cilindro giace nel mezzo della retta che unisce i centri di gravità delle basi, cioè, nel cilindro, nella metà dell'asse ; nella piramide e nel cono retti è sulla retta che unisce il centro di gravità della base col vertice, e a un quarto di distanza dalla base.

Praticamente è agevole trovare il centro di gravità di un corpo qualunque; per questo basta sospenderlo ad un filo: quando il corpo è in riposo il centro di gravità è sul prolungamento del filo; mutando poi il punto di sospensione, la nuova direzione deve pure passare pel centro di gravità, per cui questo si trova nel punto di intersezione delle due direzioni. Nella fig. 19 vediamo applicato questo metodo: la linea A B segna il prolungamento del filo quando il corpo era stato sospeso pel suo punto A; la linea C D segna la direzione del filo quando il corpo è sospeso pel punto C, diverso da A: il centro di gravità si trova nella intersezione delle due rette.

Se malgrado la gravità un corpo non cade, è evidente che un'altra forza, rappresentata da un ostacolo, si oppone alla gravità: quando il corpo è in tale condizione, noi diciamo che esso è in *equilibrio*.

Siccome la gravità tende ad abbassare il centro di gravità, così dalla diversa posizione del centro di gravità rispetto ai punti di appoggio risultano tre specie diverse di equilibrio.

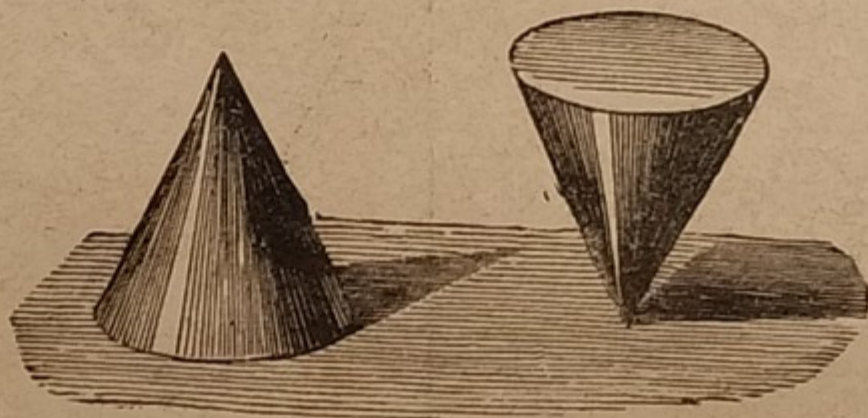


Fig. 20. Equilibrio.

È *stabile* allorquando il centro di gravità è nella posizione più bassa possibile, perchè in questo caso, se si rimuove il corpo dalla sua posizione, il centro di gravità è rialzato, e tende ad abbassarsi, cioè a ritornare alla posizione di prima. Tale è l'equilibrio di un cono che poggia sopra un piano per la base (fig. 20).

L'equilibrio è *instabile* se il centro di gravità è collocato nella posizione più alta possibile, perchè appena è rimosso da questa posizione esso si abbassa, e non tende più a rialzarsi, cosicchè il corpo non può più ritornare alla posizione di prima. Ci dà esempio di questa sorta di equilibrio un cono che poggia sopra un piano pel vertice (fig. 20).

Finalmente l'equilibrio è *indifferente neutro* o allorquando il

centro di gravità è in posizione tale che, comunque rimosso il corpo, esso non si alza nè si abbassa, e quindi non tende nè ad allontanarsi dalla posizione di prima, nè ad avvicinarlesi. Esempio: una sfera che poggi sopra un piano.

Si dà il nome di *pendolo* ad un corpo solido sospeso per un filo ad un punto fisso attorno a cui può muoversi. Quando il punto di sospensione e il centro di gravità si trovano sulla stessa verticale il pendolo è in equilibrio, e il pendolo ci si presenta come un filo a piombo.

Vediamo ora che cosa avviene se si rimuove il pendolo dalla

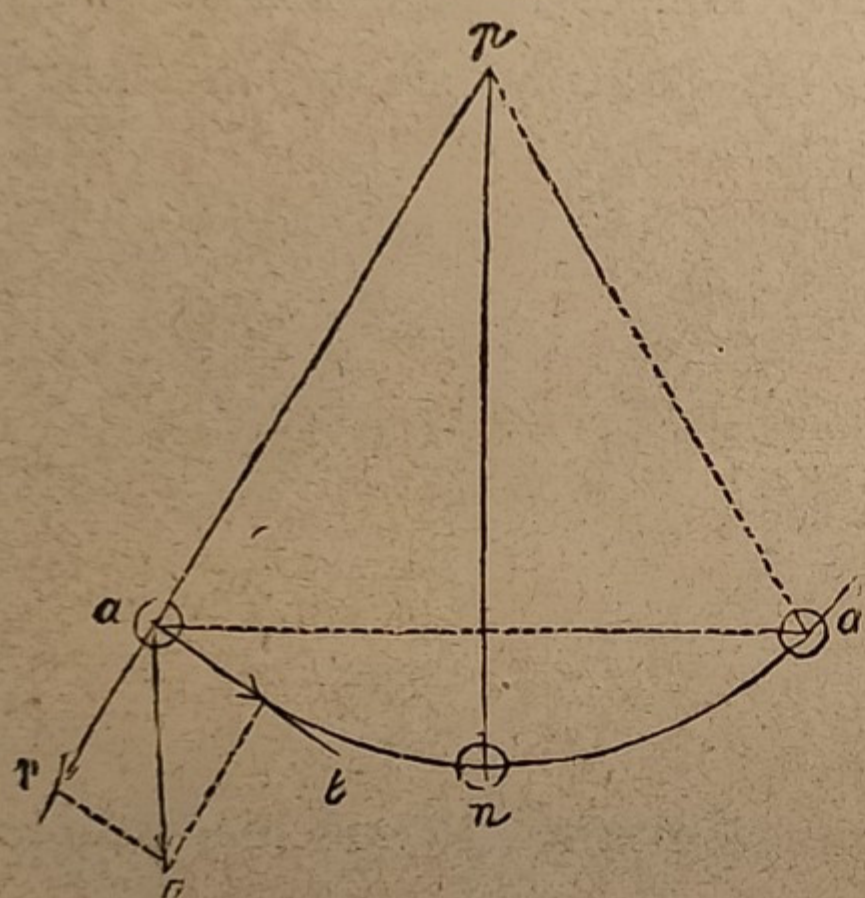


Fig. 21. Teoria del pendolo.

sua posizione di equilibrio.

Sia $p n$ (fig. 21) un filo fisso in p e portante un peso in n ; allontaniamolo dalla sua posizione di equilibrio ponendolo, per esempio, in a , e poi abbandoniamolo a sè stesso.

Il peso del corpo rappresentato dalla retta $a g$, si può decomporre in due forze, una $a r$ diretta secondo il prolungamento del filo, e l'altra $a t$ perpendicolarmente al filo stesso:

la prima componente non ha nessuna azione, perchè è distrutta dalla resistenza del filo, e quindi non opera che la seconda $a t$, che costringe il corpo a scendere lungo l'arco $a n$. Il corpo scende con velocità crescente lungo la curva, e giunto in n ha la massima velocità: qui il punto di sospensione e il centro di gravità si trovano sulla stessa verticale, ma tuttavia il corpo non si ferma, ma per la velocità acquistata a motivo dell'inerzia, seguita a muoversi, e risale sino al punto a' , per un arco $n a'$ eguale all'arco $a n$: da a' ridiscende in n per risalire in a , e così di seguito per un tempo più o meno lungo.

Il movimento del pendolo si dice *oscillatorio*, e si chiama *oscillazione* il cammino $a n a'$; *durata della oscillazione* il tempo

impiegato a percorrerlo, e *ampiezza della oscillazione* l'angolo $ap a'$ e l'arco $an a'$.

Il pendolo quale abbiamo descritto è un *pendolo composto*: un *pendolo semplice* sarebbe un punto materiale attaccato ad un filo *non elastico e senza peso*, capace di oscillare attorno ad un punto senza incontrarvi nessuna resistenza. Un tal pendolo non si può naturalmente realizzare, ma ci si può avvicinarsi notevolmente attaccando una pallina di platino ad un filo sottilissimo.

Si chiama *lunghezza* di un pendolo composto la distanza fra il punto di sospensione p e il centro della sfera n .

Ecco ora le leggi che regolano *la durata di una oscillazione* in un pendolo semplice:

1.^o è indipendente dall'ampiezza, quando questa è molto piccola, ossia per piccoli archi le oscillazioni sono *isocrone*;

2.^o aumenta al crescere della lunghezza del pendolo, e reciprocamente;

3.^o è minore dove la gravità è maggiore, e reciprocamente.

Per capire quest'ultima legge conviene ricordare che la terra non è una sfera perfetta ma bensì uno sferoide appiattito; lo schiacciamento sta nel rapporto di circa $\frac{1}{300}$, numero che rappresenta la differenza fra il raggio dell'equatore e quello del polo, assumendo come unità il raggio equatoriale: la differenza fra i due raggi è di circa 21,000 metri. Ora il globo, a motivo della sua forma quasi sferica, attrae come se la sua massa fosse condensata al suo centro: quindi all'equatore, che è alla massima distanza dal centro, la gravità è minima, e cresce da esso ai poli, perchè i punti della superficie si fanno meno distanti dal centro a misura che si avvicinano ai poli, dove la gravità è massima, come quelli che sono i punti più vicini al centro. La diminuzione di peso prodotta dallo schiacciamento polare della terra è pari a $\frac{1}{568}$.

Un'altra causa che modifica la gravità nei vari punti della superficie terrestre è la *forza centrifuga*. Quando un corpo legato ad un filo tenuto fissato per uno dei suoi capi vien messo in movimento, esso è costretto a girare in una circonferenza

che ha per raggio la lunghezza del filo: ora a motivo dell'inerzia il corpo tende a conservare una direzione costante di velocità, e quindi a sfuggire dalla circonferenza per la retta tangente ad essa circonferenza in quel dato istante; la tensione sopportata dal filo per mantenere il corpo nella via circolare è appunto la forza centrifuga. Ora la terra ruotando intorno al suo asse sviluppa della forza centrifuga, per cui i corpi tendono a sfuggire dalla sua superficie: la forza centrifuga è

massima all'equatore, dove la velocità di rotazione è massima, e va decrescendo a misura che si procede verso i poli, dove è nulla. L'azione della forza centrifuga, rispetto alla gravità, è maggiore di quello dello schiacciamento della terra, tanto che la differenza di peso fra l'equatore e il polo, che risulta dalla combinazione dello schiacciamento e della forza centrifuga sale ad $\frac{1}{191}$. Assumendo in cifre rotonde $\frac{1}{200}$ ciò significa che un corpo che pesa un chilogrammo all'equatore peserebbe al polo cinque grammi di più. Questo risultato non si può constatare colla bilancia, ma si potrebbe con un dinamometro che fosse abbastanza delicato da segnare una differenza di cinque grammi sotto una carica di un chilogrammo.

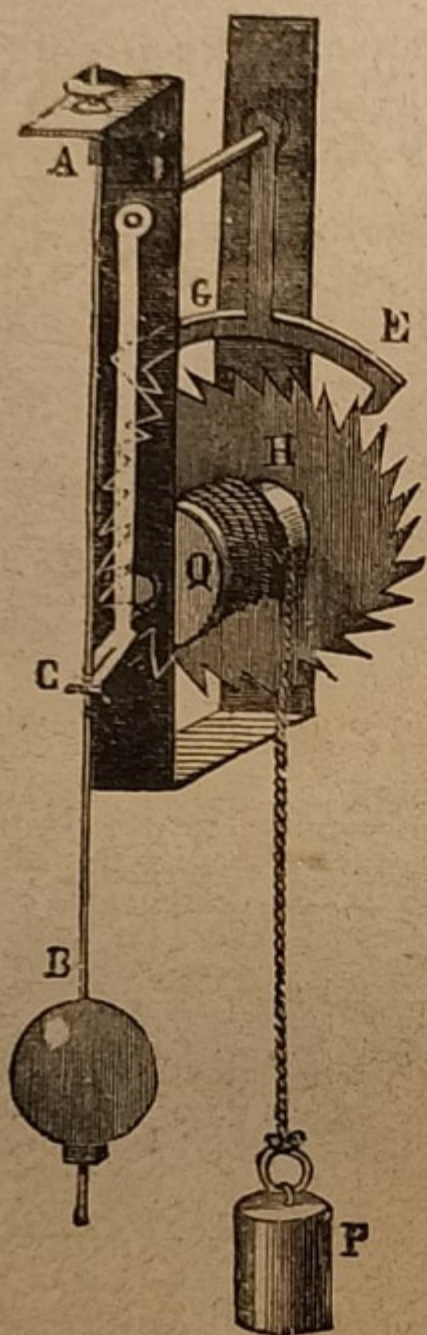


Fig. 22.
Pendolo regolatore
dell'orologio.

Una delle più importanti applicazioni del pendolo è quella della misura del tempo, fondata sull'isocronismo delle sue oscillazioni. Ecco in che cosa consiste un orologio a pendolo. Una ruota (fig. 22) verticale H a denti obliqui, detta *ruota ultima*, è fissata ad un tornio Q, attorno a cui è avvolta una corda portante un peso P, che mette in movimento il tornio. Un pezzo a scappamento GE, detto l'*ancora*, è posto sopra alla ruota, e può oscillare attorno ad un asse orizzontale. Il moto di oscil-

lazione è comunicato all'áncora da un pendolo AB, che è in rapporto coll'asse orizzontale che sostiene l'áncora mercè un'asta a forchetta C. Quando il pendolo è verticale uno dei denti della ruota si appoggia sopra una delle punte dell'áncora, per esempio E, e l'apparecchio è fermo: ma se il pendolo si inclina, la punta E dell'áncora si alza, e la ruota gira: ma subito dopo l'altra punta dell'áncora si abbassa, e insinuandosi fra i denti della ruota la ferma. All'oscillazione successiva si ripetono gli stessi fenomeni, e così la ruota si muove con una serie di spostamenti eguali e regolari quanto le oscillazioni del pendolo. Ogni volta poi che l'áncora abbandona un dente della ruota, essa riceve da questa un impulso che comunicandosi al pendolo gli impedisce di fermarsi, e così si prosegue il suo movimento. Applicando al tornio una lancetta, questa gira con un moto regolare, e descrive sopra un quadrante spazi eguali in tempi eguali.

III. — Equilibrio dei liquidi. — Pressione. — Corpi immersi. — Areometri. Capillarità.

Il carattere più spiccato dei liquidi è quello di non avere una forma definita, adattandosi essi a quella del vaso in cui sono contenuti: ciò dipende dalla minima attrazione che vi ha fra le loro molecole, per cui queste possono scorrere colla massima facilità le une sulle altre. I liquidi sono, come tutti gli altri corpi, elastici; anzi i liquidi hanno una *elasticità perfetta*, cioè qualunque sia la pressione cui vengono sottoposte ritornano sempre al loro volume primitivo.

Da queste due proprietà dei liquidi, grande scorrevolezza delle loro molecole ed elasticità perfetta, deriva un principio importantissimo, che si enuncia nel modo seguente:

Una pressione esercitata sopra una superficie piana qualunque di un liquido si trasmette in tutti i sensi colla stessa intensità su ogni superficie eguale a quella che trasmette la pressione.

Questa proposizione, strettamente parlando, si riferisce ai liquidi quando si suppongono privi di peso e di coesione, per-

chè se fossero soggetti alla gravità oltre alla pressione esterna le loro molecole dovrebbero sopportare in più la pressione dovuta alla gravità, che non è la stessa in tutti i punti della massa; d'altra parte quella piccolissima coesione che vi ha fra le molecole del liquido impedisce il perfetto scorrere di esse l'una sull'altra. Non si possono realizzare le condizioni sopra dette, ma tuttavia assai agevolmente si può verificare con uno sperimento il principio riferito, che vien detto il *principio di Pascal*, o *delle eguaglianze di pressione*.

Abbiassi un cilindro cavo di ottone entro a cui si muove

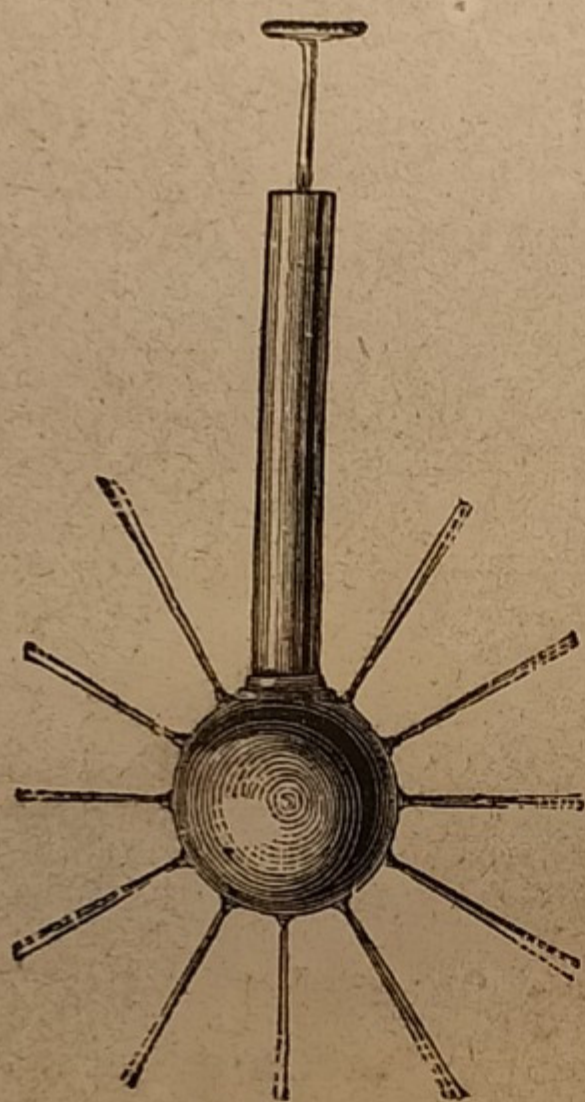


Fig. 23.

uno stantuffo (fig. 23), e riunito ad una sfera pure di ottone e cava, di cui la parete è provveduta di molti buchi in punti diversi: riempito d'acqua il tutto, quando si preme sullo stantuffo facendolo entrare nel tubo l'acqua sprizza con eguale forza da tutti gli orifizî, e non soltanto da quelli opposti al cilindro.

Da questo principio deriva eziandio che *la pressione sopportata da una superficie è proporzionale alla sua estensione*. In vero, supponiamo che un vaso di forma qualunque (fig. 24) abbia nella sua parete tre aperture, in A, A' e A'' rispettivamente, delle quali due, A' e A'', sono adiacenti, e tutte queste aperture siano provvedute ciascuna di uno stantuffo; se applichiamo in A, mediante lo stantuffo S una forza qualunque, poniamo di 5 chilogrammi, in virtù del principio di Pascal, dovremo pure applicare un peso di 5 chilogrammi, su ciascuno degli stantuffi S' ed S'' perchè vi sia equilibrio. Ora noi possiamo riunire questi due ultimi stantuffi in un solo (fig. 25) doppio di ciascuno di loro; evidentemente dovremo applicare a questo stantuffo un peso doppio, cioè 10 chilogrammi, per fare equilibrio alla forza di 5 chilogrammi applicata in S. Lo stesso

ragionamento vale se una delle aperture fosse tripla, quadrupla, centupla dell'altra, nei quali casi la forza applicata allo stantuffo che la chiude dovrebbe essere 3, 4, 100 volte maggiore di quella che si esercita sull'altro stantuffo.

Sperimentalmente si dimostra questo principio mercè due

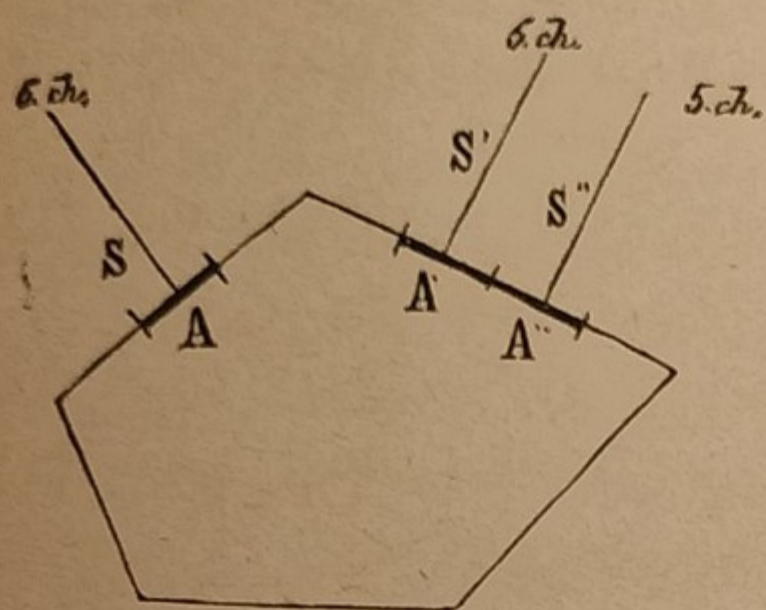


Fig. 24.

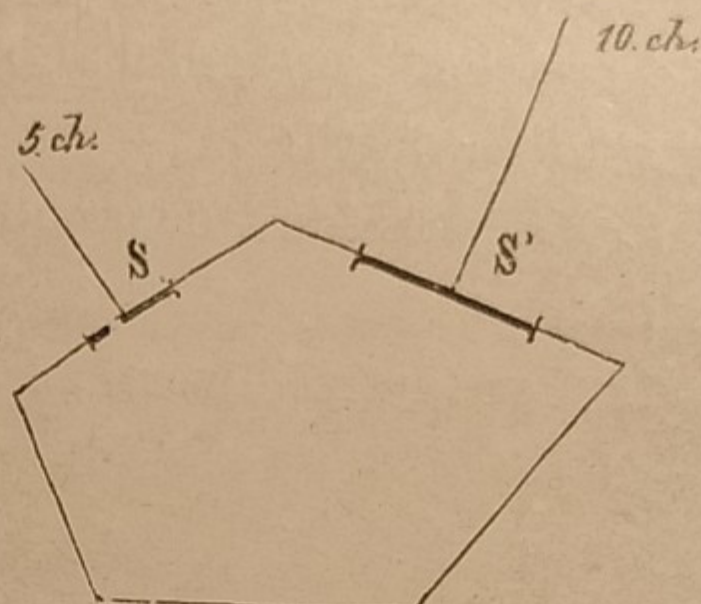


Fig. 25.

cilindri cavi (fig. 26) di diametro diverso, comunicanti mercè un tubo, e provveduti ciascuno di uno stantuffo; si riempiono di acqua i due cilindri, e il tubo di comunicazione. Supponiamo che la superficie dello stantuffo S' sia 50 volte più piccola di quella dello stantuffo S : in questo caso basta applicare il peso di un chilogrammo su S' per fare equilibrio ad uno sforzo di 50 chilogrammi applicato sullo stantuffo S : se poi si affonda lo stantuffo S , lo stantuffo S' si alzerà di una quantità 50 volte minore: vediamo qui una nuova applicazione del principio che *quanto si guadagna in forza si perde in tempo*.

Per questa proprietà i liquidi possono operar come macchine, perchè servono ad equilibrare forze nè eguali nè contrarie:

l'applicazione di ciò si ha nel *torchio idraulico*, dovuto pure a Pascal. Questa macchina serve a produrre compressioni potentissime ed anche a sollevare grandi pesi.

Veniamo ora a considerare i liquidi quali ci si presentano in natura, cioè pesanti, ossia soggetti alla forza di gravità.

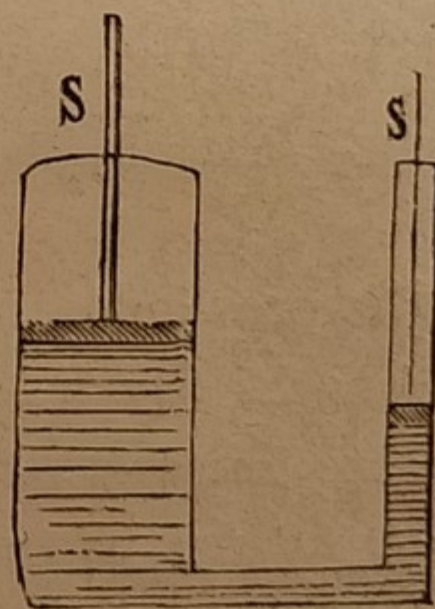


Fig. 26.

Questa forza modifica lo stato di equilibrio facendo nascere delle pressioni nell'interno dei liquidi, ma non ne distrugge le proprietà fondamentali. Se un liquido qualunque già in riposo in un vaso vien supposto diviso in strati di eguale spessore, è evidente che ciascuno strato sopporta il peso degli strati superiori. Quindi la gravità produce in una massa liquida delle pressioni verticali d'alto in basso, soggette evidentemente a queste tre leggi:

1.^o La pressione sopra ogni strato è proporzionale alla gravità;

2.^o Per liquidi diversi, le pressioni che soffrono gli strati di eguale profondità sono proporzionali alla densità del liquido;

3.^o La pressione è uguale su tutti i punti di uno stesso strato.

La terza di queste leggi non è che una conseguenza della prima.

Siccome nei liquidi, come già sappiamo, le pressioni si esercitano in tutti i sensi, così la gravità non produce soltanto una pressione verticale d'alto in basso, ma altresì una pressione dal basso all'alto e pressioni laterali contro le pareti e contro i corpi in essi immersi.

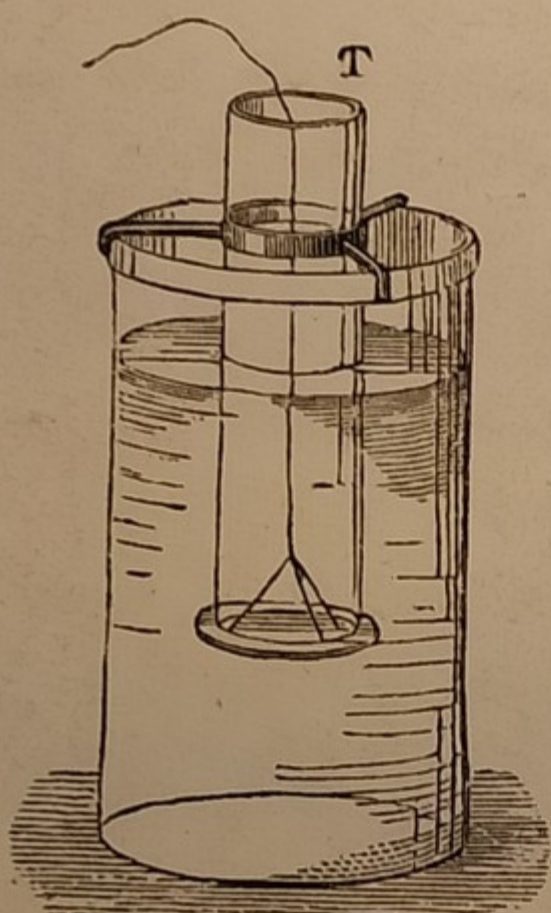


Fig. 27.
Spinta del liquido.

La pressione di basso in alto, che propriamente vien detta *spinta dei liquidi*, o semplicemente *spinta*, si riconosce agevolmente immergendo la mano in un liquido, principalmente se è molto denso come il mercurio: ma si può constatare con un semplicissimo sperimento. Si prende un tubo T (fig. 27) aperto alle due estremità, e vi si applica un coperchio mobile, legato ad un filo, con cui dapprima lo si sostiene: immerso il tubo nell'acqua, e abbandonato il filo, il fondo rimane a posto contro il tubo, ciò che indica che esso sopporta dal basso all'alto una pressione superiore al suo peso. Poi si versa dell'acqua nel tubo: il fondo mobile non cade se non quando il livello

dell'acqua nel tubo raggiunge sensibilmente quello dell'acqua del vaso, ciò che vuol dire che la pressione dal basso all'alto che si esercita sul disco mobile è eguale al peso di una colonna d'acqua che ha per base la sezione interna del tubo, e per altezza la distanza verticale del fondo mobile dalla superficie superiore del liquido in cui è immerso il tubo. Ciò dimostra che *la spinta dei liquidi, in un punto qualunque della loro massa, è soggetta alle stesse tre leggi a cui è sottoposta la pressione verticale dall'alto al basso.*

Con uno sperimento analogo si dimostra la spinta o la pressione laterale: per questo basta applicare un fondo inclinato contro l'apertura obliqua di un tubo, come mostra la fig. 28.

Convien distinguere bene il peso del liquido contenuto in un vaso dalla pressione che questo liquido esercita sul fondo del medesimo. Il peso del liquido contenuto in un vaso è misurato dal peso che gli fa equilibrio se si pone il vaso su un piatto della bilancia e se ne sottrae il peso del recipiente. Invece la pressione che il liquido esercita sul fondo del vaso è il peso che servirebbe a tenere a posto il detto fondo se esso fosse mobile, supponendo il vaso già sostenuto. Ora queste due quantità sono quasi sempre diverse. La pressione sul fondo orizzontale del vaso è dovuta unicamente alla superficie del fondo, all'altezza del liquido nel vaso ed alla sua densità, e non dipende punto dalla forma del vaso nè dalla quantità del liquido.

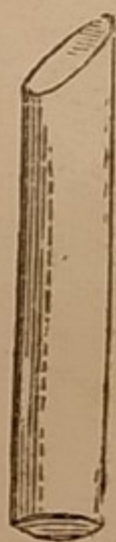


Fig. 28.

Questo principio si può dimostrare sperimentalmente in molti modi: a ciò serve l'apparecchio rappresentato nella fig. 29. Consiste questo in un tubo metallico *abc* ricurvo verticalmente alle sue estremità *a* e *c*, munito in *c* di un'appendice cilindrica di vetro, e in *a* di una ghiera di ottone, con chiavetta *R*, sulla quale ghiera si possono collocare a vite dei vasi di forma diversa come *S*, *p*, *m*, *q*, *n*; in *a* vi ha una punta mobile che serve a segnare il livello del liquido entro ad ogni vaso. Il tubo *abc* viene riempito di mercurio, il quale si dispone allo stesso livello nei due rami verticali *a* e *c*: supponiamo che sia *c* il

punto cui giunge il mercurio nel tubo. Avvitando nella ghiera un vaso, n , quando questo vien riempito d'acqua, il mercurio, che serve di fondo mobile alla colonna liquida, si abbassa, per

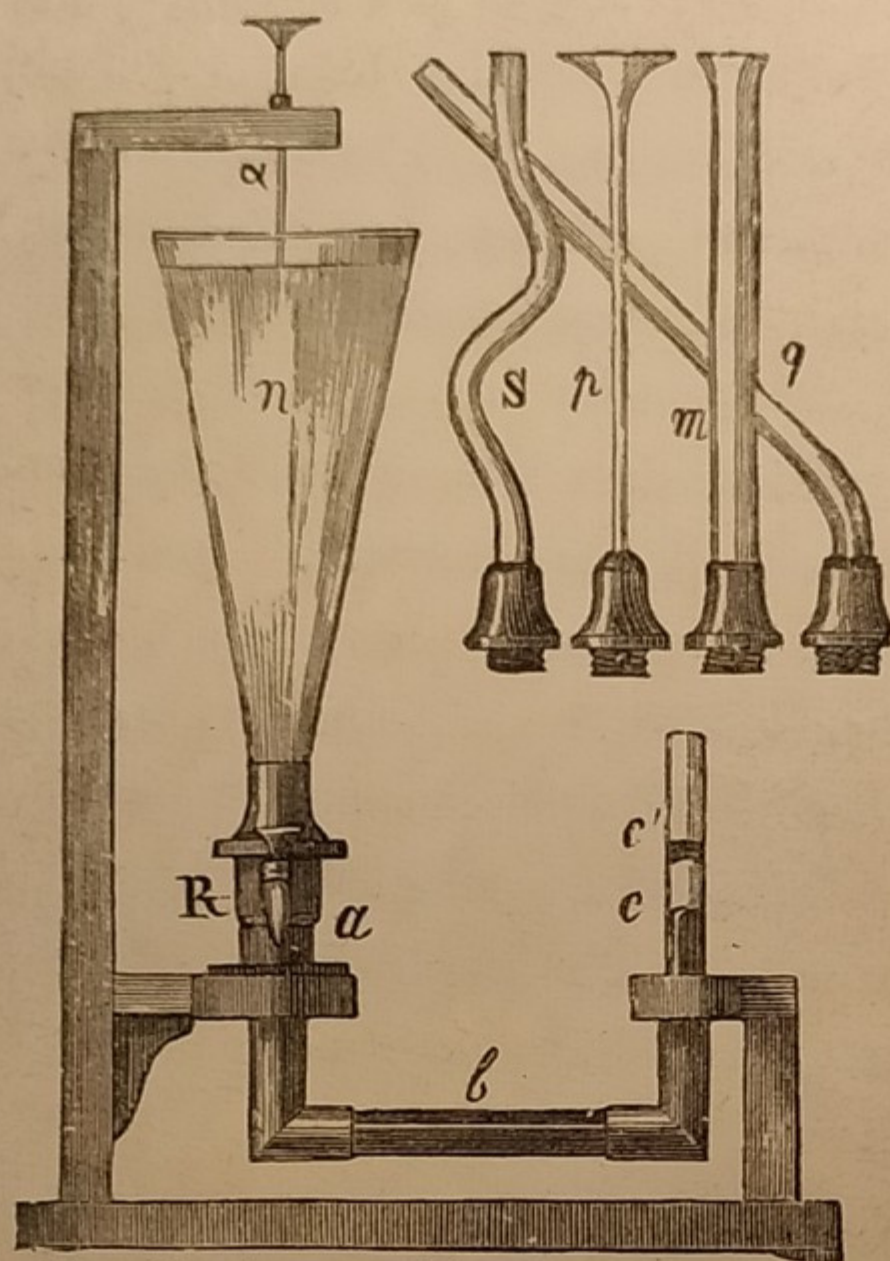


Fig. 29. Apparato di De Haldat.

la pressione della colonna stessa, nel tubo a , per sollevarsi di altrettanto nel tubo c ; supponiamo che in questo il mercurio salga a c' . Si segni questo livello c' , e si tolga il vaso n : se vi si sostituisce un altro qualunque dei vasi s, p, m, q , e si riempie d'acqua, il mercurio sale di nuovo nel tubo c , e raggiunge il livello c' non appena la punta a sfiora la superficie del liquido, cioè quando la distanza verticale del fondo alla superficie liquida è la stessa.

Premesse queste poche nozioni intorno alla costituzione dei liquidi e agli effetti della gravità, ci sarà facile determinarne le condizioni di equilibrio. Perchè un liquido si mantenga in equilibrio in un vaso qualunque bisogna che soddisfi a queste due condizioni:

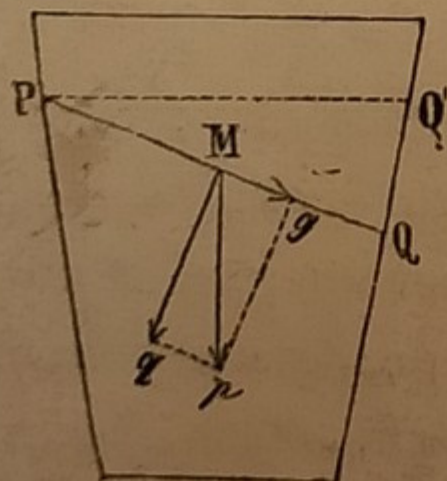


Fig. 30.

1.^o La superficie del liquido deve essere perpendicolare in ogni punto alla direzione della gravità; ossia deve essere orizzontale;

2.^o Una molecola qualunque della sua massa deve provare in tutti i sensi pressioni uguali e contrarie.

La prima proposizione si dimostra nel modo seguente: supponiamo che la superficie del liquido contenuto in un vaso (fig. 30) sia inclinata nella direzione PQ. Il peso Mp che opera sulla molecola si può decomporre in due

forze Mq e Mg , di cui la prima è perpendicolare alla superficie del liquido, la seconda le è parallela. La prima, cioè Mq , tende a premere la molecola contro le altre, e viene quindi distrutta dalla resistenza del liquido; la componente Mg invece rimane attiva, e trascina la molecola lungo il piano inclinato PQ : quindi l'equilibrio è impossibile. Se all'opposto la superficie è orizzontale, cioè secondo il piano PQ' , si ottiene l'equilibrio, perchè allora la componente parallela alla superficie è nulla.

Quindi la superficie delle acque tranquille è orizzontale quando è limitata ad una piccola estensione, in cui si possano considerare tutte le linee verticali come parallele: nei mari e nei grandi laghi all'opposto è convessa, perchè qui le verticali non sono più parallele. L'altro principio, che cioè una molecola qualunque nella sua massa deve provare in ogni senso pressioni eguali e contrarie è evidente per sè stessa; poichè se le pressioni esercitate sopra una molecola in direzione opposta fossero differenti, la molecola verrebbe trascinata nel senso

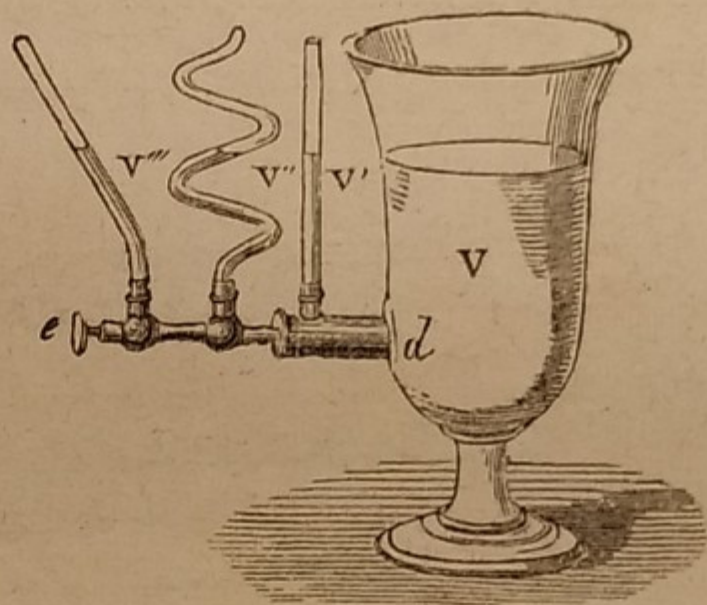


Fig. 31. Vasi comunicanti.

della pressione maggiore, e non vi sarebbe più equilibrio. Questa seconda condizione è una conseguenza dell'eguaglianza di pressione e si può enunciare in questa forma: *in un liquido pesante, in equilibrio, le pressioni sono eguali in tutti i punti d'uno stesso strato orizzontale.*

Quando parecchi vasi sono riuniti insieme in modo che un liquido versato in uno di essi possa passare liberamente negli altri, vengon detti *vasi comunicanti* (fig. 31); in questo caso per l'equilibrio è necessario che la superficie dei liquidi nei diversi vasi sia alla stessa altezza. Ciò è una conseguenza del principio dell'uguaglianza di pressione nei liquidi, perchè supposta una sezione qualunque nel tubo di comunicazione d e, le due pressioni contrarie non possono essere eguali e quindi non può sussistere equilibrio se le altezze non sono eguali.

Se invece versiamo nei due vasi liquidi di densità diversa, non capaci di mescolarsi, per esempio mercurio e acqua, non vi sarà equilibrio se non quando l'altezza del più denso, in un vaso, sarà minore di quella del meno denso nell'altro vaso di tanto quanto è maggiore la densità del primo rispetto a quella dell'altro. Ciò si esprime brevemente dicendo che *le altezze delle colonne liquide, che si fanno equilibrio, devono essere in ragione inversa delle densità dei due liquidi*. Nel nostro esempio l'altezza del mercurio deve essere 13.6 minore di quella dell'acqua, perchè il mercurio è 13.6 volte più denso dell'acqua.

Quando i liquidi non capaci di mescolarsi e di densità diversa vengono messi in uno stesso vaso, essi *si dispongono per ordine di densità decrescente dal basso all'alto*, e le superfici di separazione sono tutte parallele alla superficie libera, cioè orizzontali.

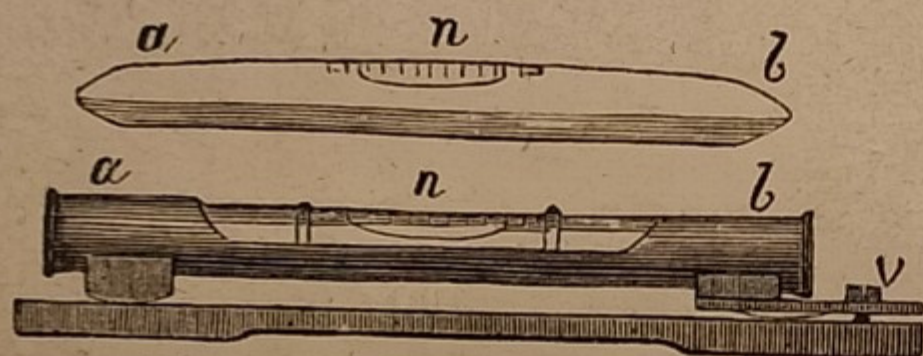


Fig. 32. Livello a bolla d'aria.

Ciò si dimostra sperimentalmente colla così detta *fiala dei quattro elementi*, la quale non è altro che una semplice bottiglia che contiene mercurio, acqua satura di car-

bonato di potassa, spirito di vino e olio di nafta: agitata la fiala i quattro liquidi si mescolano, ma non si combinano, onde lasciandoli poi in riposo si separano di nuovo e si dispongono l'uno sull'altro nell'ordine detto. Lo stesso avviene tra i liquidi e i gas, i quali ultimi si portano sempre alla parte superiore. Su questa proprietà è fondato il *livello a bolla d'aria*. Questo (fig. 32) è un tubo di vetro *ab* leggermente incurvato, pieno d'acqua, eccettuato un piccolo spazio che contiene un po' d'aria; la piccola bolla tende sempre a portarsi verso la parte più elevata; si colloca il tubo dentro uno stucco di ottone fissato ad un regolo pure d'ottone; posando tutto l'apparecchio sopra un piano, se questo è orizzontale, la bolla d'aria si ferma in modo da avere il suo centro nel mezzo del tubo segnato in *n*; se il piano non è orizzontale la bolla si sposta da un lato o dall'altro.

Il *livello ad acqua* si fonda sulle condizioni di equilibrio dei vasi comunicanti. Consiste (fig. 33) in un tubo di metallo fissato orizzontalmente sopra un sostegno a tre piedi; alle sue due estremità si ripiega e porta due cilindri di vetro F e F' ; versando dell'acqua nel tubo, questa si deve disporre alla stessa altezza nei due recipienti. Questo strumento serve a fare le *livellazioni*, cioè a determinare di quanto un punto è più elevato, e in faccia, nel punto di cui si vuol determinare l'altezza, si alza una *biffa* cioè un regolo diviso, mobile, per modo che lo si può allungare ed accorciare. Guardando lungo la retta determinata dal livello del liquido nei due tubi, si prende come

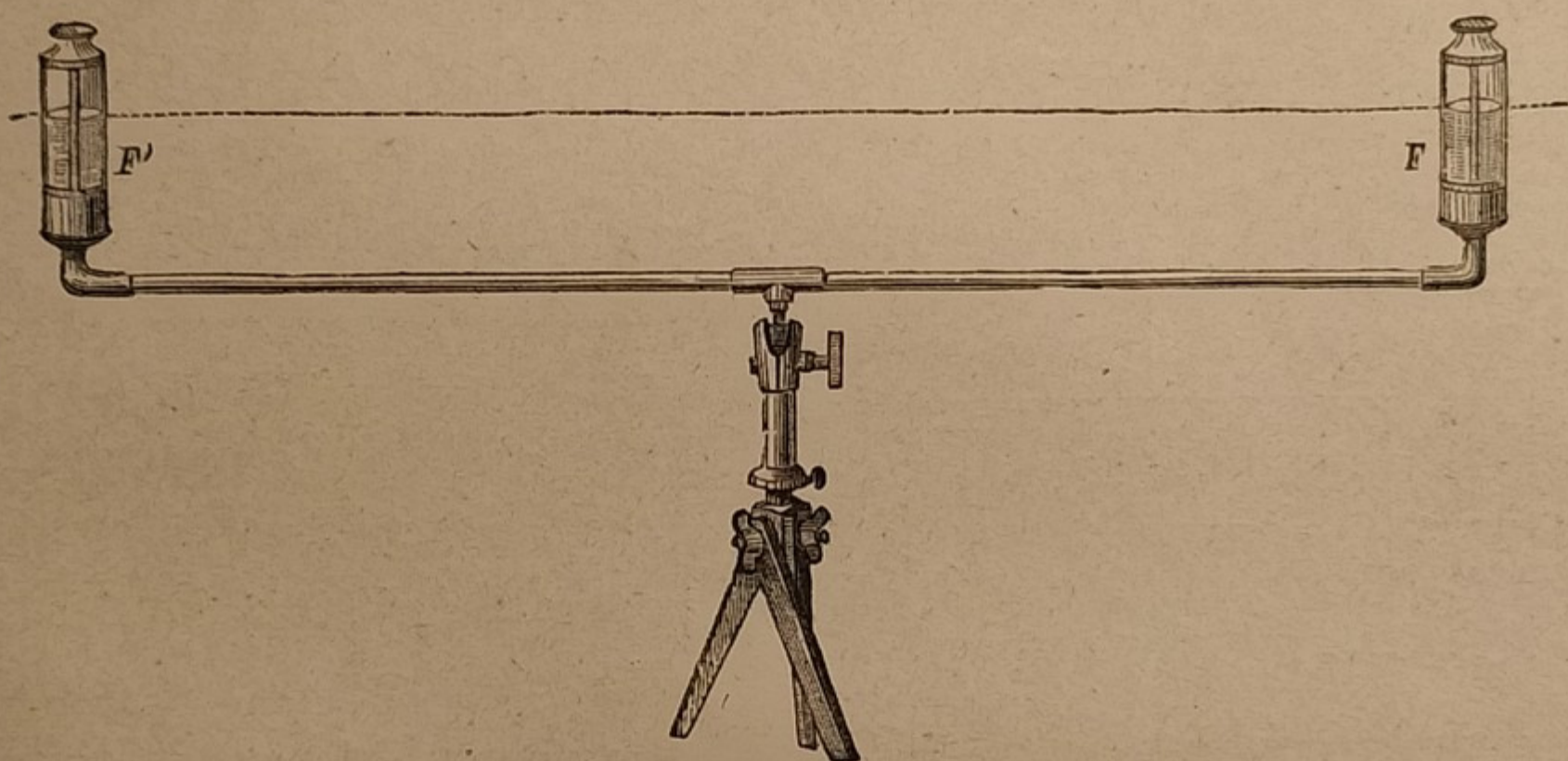


Fig. 33. Livello ad acqua.

punto di mira la biffa, e si osserva a quale delle due divisioni della biffa corrisponde la *visuale* così tirata: le divisioni della biffa portano segnata la loro altezza dal suolo, che così vien letta sulla biffa stessa: questa altezza, diminuita dell'altezza dello strumento, dà la differenza di livello cercata.

Un corpo solido immerso in un liquido sopporta in ciascun punto della sua superficie una pressione diretta dal di fuori all'indentro, e ciò in virtù dei principî che abbiamo esposto più sopra. Queste pressioni si possono immaginare decomposte in pressioni orizzontali e pressioni verticali: le prime, eguali e contrarie, si neutralizzano reciprocamente; all'opposto le pressioni verticali sono opposte ma non eguali, e tendono a spin-

gere il corpo dal basso all'alto. Infatti supponiamo un cilindro immerso nell'acqua di un vaso V (fig. 34) sottoposto a pressioni verticali e laterali, come indicano le frecce. Lasciando in disparte le pressioni laterali, che sappiamo annullarsi reciprocamente, è chiaro che la pressione sopportata dalla faccia superiore del cilindro è pari al peso di una colonna d'acqua che ha per base la superficie stessa e per altezza la distanza verticale da essa al livello del liquido: rappresentiamo a destra della figura, col cilindro $abcd$, la pressione della detta colonna. Sulla faccia inferiore del cilindro la pressione è parimente eguale al peso di una colonna d'acqua che ha per base quella superficie e per altezza la distanza verticale da essa al livello $m\bar{n}$. Questa pressione è rappresentata dal cilindro liquido $a'b'fe$. È quindi

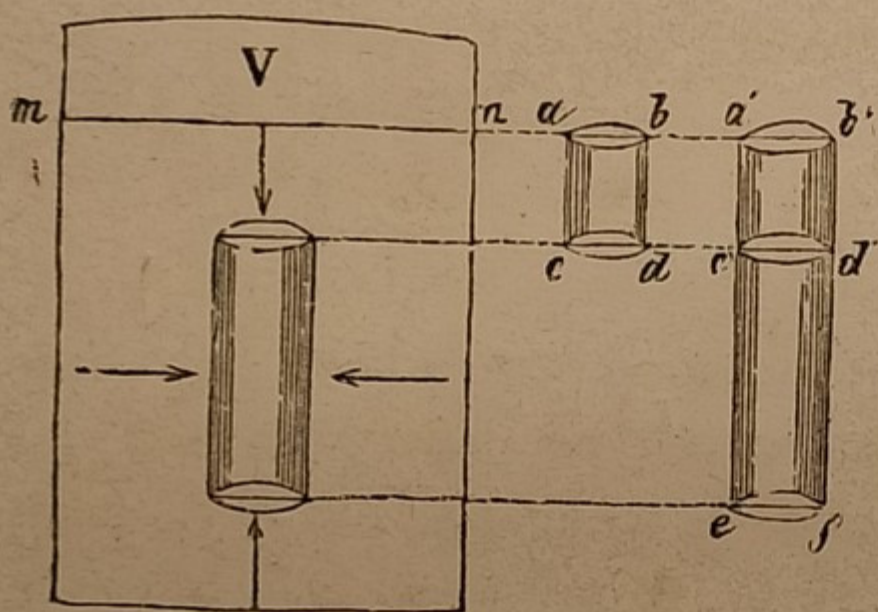


Fig. 34.

chiaro che la pressione diretta dal basso all'alto, sopportata dalla base inferiore, supera quella diretta dall'alto al basso sopportata dalla base superiore di tutto il peso del cilindro liquido $c'd'fe$, che è eguale appunto al volume del corpo immerso. In questo predomi-

nare della pressione inferiore sulla superiore consiste la spinta del liquido, onde possiamo dire che *il cilindro immerso riceve dall'acqua una spinta verticale eguale al peso del volume d'acqua spostato dal cilindro medesimo.*

Il ragionamento che abbiamo fatto rispetto al cilindro si applica ad un corpo di forma qualunque, rispetto a cui si possono pure risolvere le pressioni che sopporta in orizzontali e verticali, le prime eguali, le altre diseguali, onde a tutti i corpi si applica il principio di Archimede, che si enuncia nel modo seguente:

Un corpo immerso in un liquido è soggetto ad uno sforzo diretto dal basso in alto eguale al peso del liquido spostato. Ossia, in altre parole: Un corpo perde tanto del suo peso quanto è il peso del liquido da esso spostato.

Si dimostra sperimentalmente il principio di Archimede mediante la bilancia *idrostatica*. Questa, (fig. 35) è una bilancia

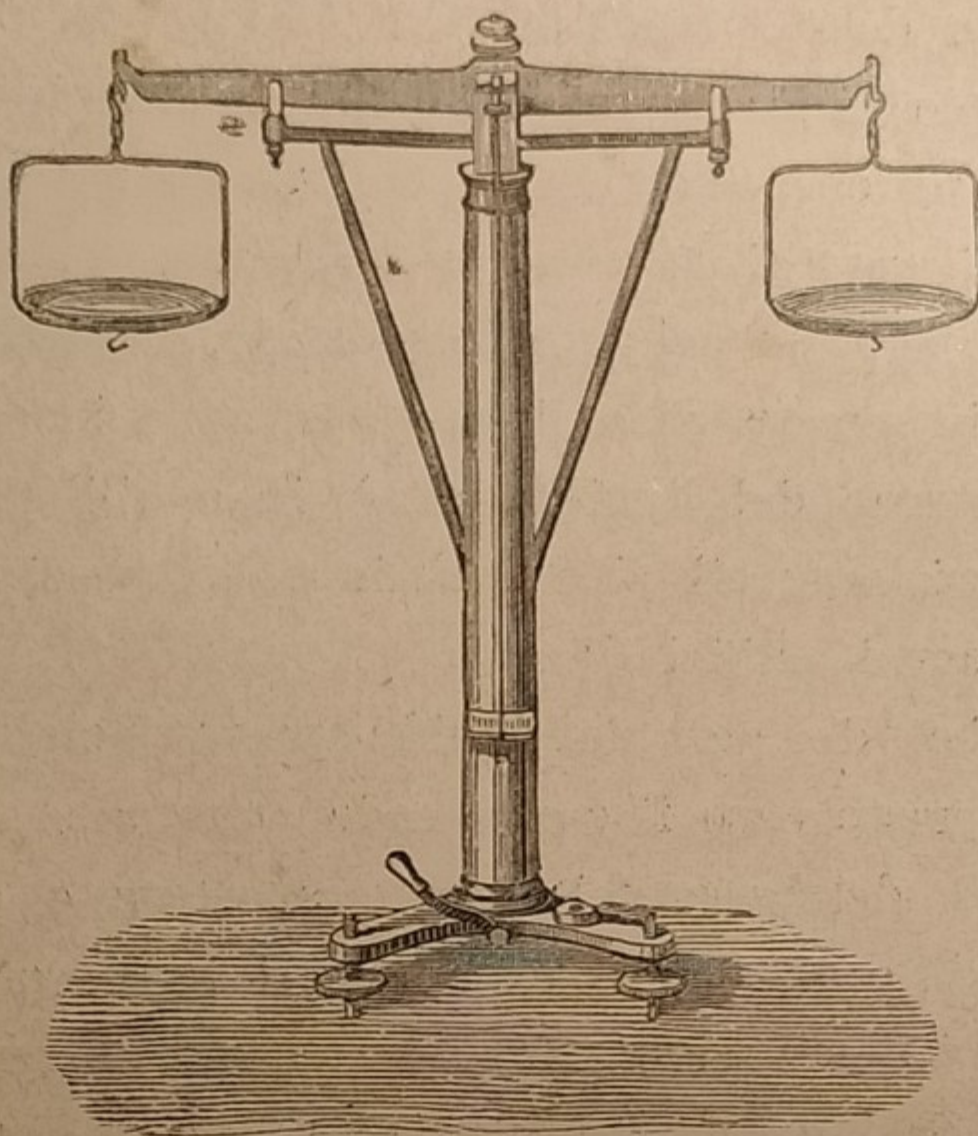


Fig. 35. Bilancia idrostatica.

comune di cui la colonna è fissa e il giogo può venire alzato ed abbassato: i due piattelli portano al disotto un uncino per attaccarvi dei pesi. Ad uno dei piattelli si attacca un cilindro massiccio contenuto esattamente in un astuccio e si stabilisce l'equilibrio con pesi posti sull'altro piattello; quindi si attacca il cilindro sotto all'astuccio già sospeso e si fa scendere il giogo finchè il cilindro sia tutto immerso nell'acqua (fig. 36). L'equilibrio allora non sussiste più, a cagione della perdita di peso subita dal cilindro; ma si vede che esso viene ristabilito riempiendo esattamente di acqua l'astuccio; ora poichè questo ha una capacità precisamente

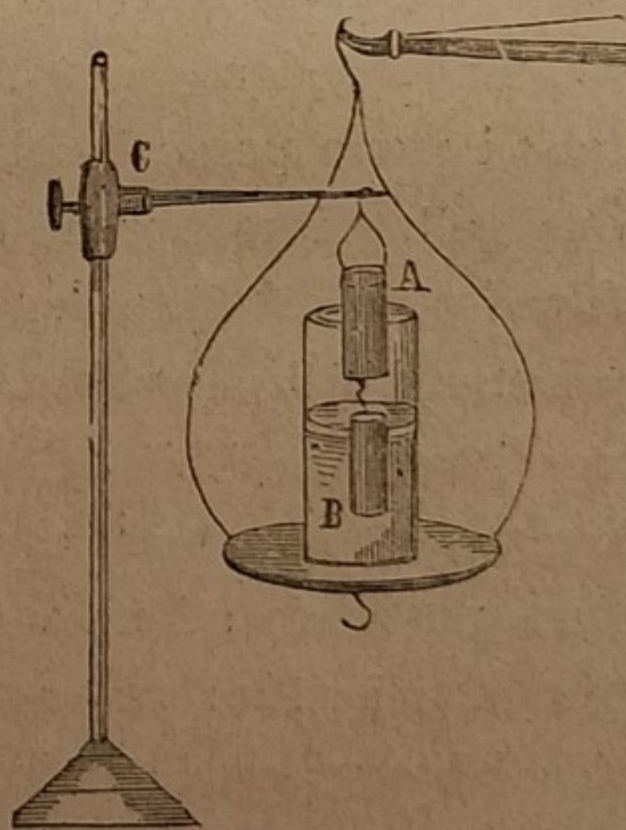


Fig. 36.

eguale al volume del cilindro, è chiaro che non si è fatto altro che aumentare il peso del cilindro dell'acqua contenuta nel suo volume, o da esso spostato.

Dal principio di Archimede è facile dedurre le condizioni di equilibrio di un corpo immerso. Qui possono presentarsi tre casi, poichè *il peso di un corpo può essere*:

1.^o *eguale* al peso del liquido spostato, e quindi alla spinta del liquido: in questo caso il corpo rimane interamente immerso nell'interno del liquido, ed è in equilibrio qualunque sia la sua posizione; ciò si avvera in molti pesci e si può verificare con corpi artificiali;

2.^o *maggiore* del peso del liquido spostato, cioè della spinta all'insù: in questo caso il corpo cade attraverso al liquido;

3.^o *minore* del peso del liquido spostato e quindi della spinta all'insù, e allora il corpo non si immerge totalmente, ma, per l'equilibrio, si immerge solo tanto quanto è necessario perchè il peso del liquido spostato sia eguale al peso del corpo.

Un corpo che sta sospeso in parte in un liquido si dice un *galleggiante*. Dunque *il peso totale di un galleggiante è eguale al peso del liquido spostato dalla sua parte immersa*. Il centro di gravità del liquido spostato vien detto *centro di pressione*.

È facile vedere come non siano capaci di galleggiare soltanto i corpi meno pesanti del liquido: anche quelli più pesanti possono galleggiare purchè siano scavati in modo da diminuire il loro peso assoluto senza diminuire il liquido che spostano: così una bottiglia vuota messa nell'acqua non va a fondo, sebbene il vetro pesi più dell'acqua; così pure una nave di ferro, ecc. Invece di scavare un corpo pesante lo si può pure far galleggiare unendolo ad un volume sufficiente di un corpo più leggero del liquido: su questo principio si fondano gli apparecchi di salvataggio pei naufraghi, che sono cinture di sughero, vestiti impermeabili pieni d'aria, ecc.

Le condizioni di equilibrio di un galleggiante sono:

1.^o Il corpo deve affondarsi in modo da spostare un volume di liquido di peso pari al suo.

2.^o Il centro di gravità del corpo e il centro di spinta debbono essere sulla stessa verticale.

L'equilibrio di un galleggiante può essere *stabile* oppure *instabile*. Quando il centro di gravità è sotto al centro di spinta, l'equilibrio è sempre stabile; ma questa condizione, sebbene sufficiente, non è necessaria: così ad esempio, tutti i galleggianti omogenei hanno necessariamente il centro di gravità più alto del centro di spinta, e tuttavia hanno una posizione di equilibrio stabile.

Sappiamo che il peso specifico o densità di un corpo è il rapporto fra il suo peso relativo (cioè dato dalla bilancia) e il peso di un egual volume d'acqua; ora il corpo si prende alla temperatura di 0° e l'acqua a quella di 4°; siccome poi nel sistema decimale le unità sono scelte in modo che 1 unità di volume d'acqua pesa 1 unità di peso (1 gr. è il peso di un c.c. di acqua), consegue che il peso specifico di un corpo si può definire: il *rapporto del suo peso al suo volume*.

Per determinare adunque la densità di un corpo basta cercare il peso, misurarne il volume, e dividere il primo numero pel secondo. Vi hanno molti procedimenti per determinare il volume dei corpi, che spesso malagevolissimamente si può misurare direttamente quando non hanno forma geometrica: tutti questi procedimenti consistono nel determinare il peso del corpo e il peso di un egual volume di acqua. Non piglieremo qui in esame che il metodo degli areometri, i quali non danno risultati molto esatti, ma sono di uso facile e pronto.

Un *areometro* è un recipiente allungato, per lo più di forma cilindrica, vuoto, come sarebbe un tubo di vetro chiuso ad una estremità; si carica alla sua estremità inferiore con mercurio o con pallini da caccia, affinchè possa galleggiare in un liquido con equilibrio stabile e coll'asse verticale. Gli areometri si costruiscono in modo che la loro parte immersa sia sempre la stessa, oppure invece sia sempre lo stesso il loro peso: i primi son detti *a volume costante*, gli altri *a peso costante*.

Tra gli areometri a volume costante il più usato è l'*areometro di Nicholson* (fig. 37), il quale può anche servire come bilancia.

Esso consiste in un tubo metallico G non molto lungo, terminato da due coni, di cui l'inferiore porta un secchiolino C zavorrato con piombo e provveduto di un piattello in cui si posson mettere dei corpi; il cono superiore porta un'asticina verticale A che sostiene un piattello orizzontale R. Questa asticina è segnata in o da un tratto chiamato *punto di affioramento*, che è il punto a cui giunge il livello del liquido quando l'areometro vi è immerso: per questo si carica convenientemente di pesi il piattello superiore.

Per misurare la densità di un corpo si affiora lo strumento ponendo dei pesi sul piattello, quindi si pone il corpo sul piat-



Fig. 37.
Areometro
di Nicholson.

tello: l'areometro si affonda nel liquido, ma se si tolgono dal piattello tanti pesi quanti bastano esso torna ad affiorare: evidentemente i pesi tolti per ottenere l'affioramento sono il peso del corpo. Ottenuto così il peso relativo del corpo nell'aria, lo si pone nel secchiolino e si affiora di nuovo aggiungendo dei pesi sul piattello, perchè il corpo ha perduto di peso, cioè il peso di un volume d'acqua eguale al suo: i pesi aggiunti per ottenere il nuovo affioramento corrispondono appunto al peso del volume d'acqua spostato dal corpo, ossia alla sua perdita di peso. Dividendo il peso del corpo per questa perdita così misurata si ha la densità del corpo.

Se il corpo è più leggero dell'acqua si pone sul secchiolino una reticella metallica che ve lo tiene dentro. Se poi il corpo è solubile nell'acqua, come ad esempio, il sal di cucina, lo zucchero, ecc., si cerca il suo peso relativamente ad un liquido in cui sia insolubile, come olio, spirito di vino, ecc., e poi si determina il peso di questo liquido rispetto all'acqua.

Per questo scopo, cioè per la determinazione della densità dei liquidi, si adoperano specialmente gli areometri a peso costante e a volume variabile, che segnano la densità del liquido immergendosi più o meno in essi. Ridotto alla sua massima semplicità un simile areometro è un tubo di vetro cilindrico, za-

vorrato al fondo affinchè possa star verticale e galleggiante in qualunque liquido di densità ordinaria. Esso deve essere graduato, cioè portare una scala su cui si possa leggere di quanto lo strumento si è immerso: per lo più questa graduazione è segnata sopra una lista di carta contenuta nel tubo.

Il più importante di questi areometri è l'*alcoometro centesimale*, che serve a misurar la ricchezza in alcool, o spirito di vino, di un liquido spiritoso. Per graduare lo strumento lo si immerge nell'acqua distillata a $+15^{\circ}$ di temperatura, e al punto di affioramento si segna 0; poi lo si immerge nell'alcool purissimo (di cui la densità è 0,792) pure a $+15^{\circ}$, e qui si segna 100. Quindi si mescolano 5 parti di alcool con 95 di acqua, si immerge lo strumento in questo miscuglio, e al punto di affioramento si segna 5: poi si mescolano 10, 15, 20, ecc., parti di alcool con 90, 85, 80, ecc., parti di acqua rispettivamente, e si segna ai punti di affioramento 10, 15, 20, ecc., e si continua così aggiungendo sempre 5 parti di alcool, fino ad avere tutto alcool: allora si dividono in cinque parti i singoli intervalli da 0 a 5, da 5 a 10, ecc., e la graduazione è fatta. Lo strumento è graduato sulle indicazioni date dallo strumento immerso nel liquido a $+15^{\circ}$; ora raramente avviene nella pratica che si verifichi precisamente questa temperatura, e siccome le variazioni di temperatura modificano grandemente la densità di un simile miscuglio, si son costrutte delle tavole in cui ad ogni grado di temperatura è dato il vero valore della ricchezza alcoolica di un liquido, per modo che in ogni determinazione bisogna osservare accuratamente la temperatura del miscuglio, da cui coll'esame delle tavole se ne riconosce la ricchezza reale in alcool.

Dal modo con cui è fatta la graduazione dell'alcoometro è chiaro che questo strumento non ci può dare indicazioni se non intorno alla quantità di alcool contenuta in un miscuglio, e quindi ogni liquido più leggero dell'acqua, e parimente ogni liquido più pesante, dovrebbe avere il suo areometro speciale. Per ovviare a questo inconveniente si adopera molto comunemente l'areometro di Beaumé (fig. 38), il quale non è

che un areometro qualunque a peso variabile. La sua graduazione è affatto arbitraria, ma si usa quella fatta da Beaumé in questo modo: si zavorra l'areometro in modo che nell'acqua distillata e a $+ 4^{\circ}$ vi si immerge quasi tutto, e si segna 0 al punto di affioramento; poi lo si immerge in una soluzione di 15 parti di sal di cucina e 85 parti d'acqua in peso, e al punto di affioramento si segna 15: si divide l'intervallo in 15 parti eguali, e si continuano le divisioni sino all'altra estremità del cannello. Questo strumento serve pei liquidi più pesanti dell'acqua.

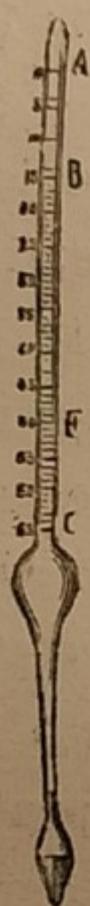


Fig. 38.
Areometro
di Beaumé.

Pei liquidi meno densi dell'acqua, la graduazione si fa nel modo seguente. Si immerge l'areometro in una soluzione di 10 parti di sale e 90 d'acqua, e al punto di affioramento, che deve essere nella parte inferiore del cannello, si segna 0; immergendolo nell'acqua pura esso si affonda di più, e al nuovo punto di affioramento si segna 10; poi si divide l'intervallo in 10 parti eguali, e si prolungano le divisioni sino all'estremità superiore al cannello.

A motivo delle arbitrarietà della graduazione i due areometri che abbiamo descritto non ci danno indicazioni sulla densità dei liquidi, e quindi della quantità di sale, di zucchero, di acido contenuta in una soluzione di questi corpi, oppure di alcool in un miscuglio alcoolico: tuttavia ci indicano la maggiore o minore *concentrazione* di un sciroppo, di una soluzione salina, di un miscuglio spiritoso, e ciò basta per lo più nella pratica. Così, ad es., l'acido solforico concentrato del commercio segna 66° , l'acido cloridrico 26° , l'acqua di mare 3° , l'alcool del commercio 36° , ecc.

Per mezzo di formole assai semplici si può pure coll'areometro di Beaumé determinare la densità dei liquidi, ma si adoperano più comunemente a questo scopo i *volumetri* e i *densimetri*, i quali sono areometri, che vengono immersi successivamente in liquidi diversi, ove perdono sempre lo

stesso peso, onde necessariamente variano i volumi da essi spostati.

Quando si immerge in un liquido un tubo di diametro interno, di calibro sottilissimo, si osservano certi fenomeni degni di nota, i quali paiono in contraddizione colle leggi che regolano l'equilibrio dei liquidi, di cui diremo più oltre: sono questi i fenomeni così detti *di capillarità*, così chiamati perchè si riscontrano più appariscenti nei tubi sottilissimi, di cui il calibro fu paragonato ad un capello.

Ecco ora quanto si osserva rispetto ai fenomeni capillari:

Se si immerge un tubo sottile in un liquido il livello del li-

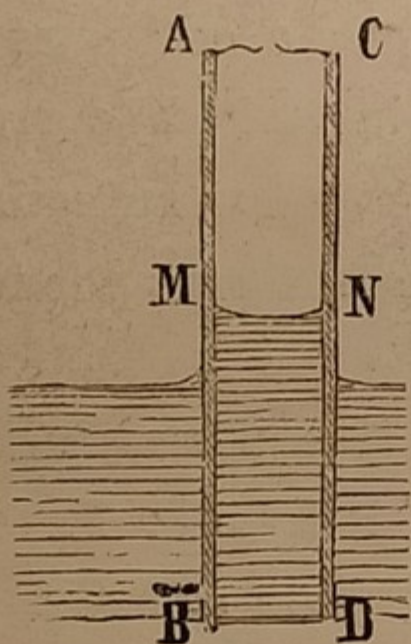


Fig. 39. Menisco concavo.

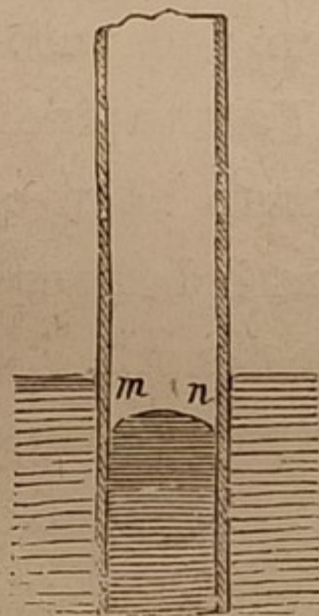


Fig. 40. Menisco convesso.

quido entro al tubo *si alza* o *si abbassa* sul livello del liquido fuori del tubo; e la sua superficie non è più orizzontale, ma concava, oppure convessa; si chiama *menisco* la porzione compresa sopra o sotto il livello generale del liquido (fig. 39 e 40).

Queste due diverse maniere di comportarsi dei liquidi nei tubi capillari dipendono dal rapporto che passa fra il liquido e la parete del tubo: se il liquido *bagna* il tubo, allora si forma un *menisco concavo*, e il liquido si alza nel tubo; quando invece il liquido *non bagna* il tubo, allora si forma il *menisco convesso*, e il liquido è depresso nel tubo. Si ottiene il primo caso immergendo un tubo di vetro o di metallo nell'acqua, nello spirito di vino, nell'olio; si ottiene il secondo immergendo il tubo nel mercurio, o anche nell'acqua se lo si è prima unto di grasso.

Fenomeni analoghi si osservano se invece di un tubo si immergono nel liquido due lamine molto avvicinate: tuttavia il menisco è qui assai minore che non nei tubi: in questi ultimi esso è in ragione inversa del diametro dei tubi, quando questi siano della stessa sostanza.

Varie e numerose sono le applicazioni della capillarità: così ad essa sono dovuti molti fenomeni di osservazione quotidiana, come il salire della cera in fusione o dell'olio per lo stoppino nelle candele e nelle lucerne, l'imbeversì che fa un pezzo di zucchero di liquido quando vi si immerge per una piccola porzione. In questi casi il liquido sale nei minutissimi interstizi o canaletti che sono fra le fibre del cotone o nella massa dello zucchero. Un fatto singolare dovuto alla capillarità è il galleggiare di un ago unto di grasso sull'acqua, e così pure ad essa è dovuta l'attitudine che hanno certi insetti di correre sull'acqua: tanto l'ago quanto le zampe di questi animalletti non sono bagnati dall'acqua, e il menisco che si forma per tal modo basta a sostenerli.

La capillarità è dovuta alla *adesione*, cioè alla attrazione che ha luogo fra le molecole dei solidi e dei liquidi; l'attrazione fra le molecole di uno stesso corpo forma la *coesione*.

IV. — I gas. — Pressione atmosferica. — Barometro. — Aerostati.

Trombe. — Macchina pneumatica.

I corpi allo stato gasoso, chiamati *gas*, *fluidi elastici*, *fluidi aeriformi*, presentano una grande analogia coi liquidi: come questi essi sono compressibili ed elastici, e mobilissimi. Tuttavia vi hanno fra le due categorie di corpi delle differenze di grado in queste proprietà: nei liquidi le molecole sono atte a scorrere l'una sull'altra con grandissima facilità, ma tuttavia vi ha una certa coesione, per cui questi corpi non hanno forma determinata, ma hanno un volume loro proprio. Nei gas non solo non esiste coesione fra le diverse molecole, ma vi ha invece *repulsione*, per cui tendono ad allontanarsi le une dalle

altre, ossia il gas tende sempre ad espandersi. Qui adunque non solo non vi ha una forma, ma neppure un volume costante: il volume di questi corpi è sempre limitato da uno sforzo esterno, come la resistenza delle pareti di un vaso.

Lo sforzo con cui un gas preme contro alle pareti del vaso che lo contiene si chiama la *forza elastica*, l'*elasticità*, la *tensione* o finalmente la *pressione* del gas. Questa forza espansiva si misura mercè la forza necessaria a fare equilibrio ad una porzione della superficie premuta pari all'unità, supponendo che questa porzione fosse mobile.

Si dimostra la grande compressibilità dei gas con un semplicissimo apparecchio. Consiste questo in un tubo di vetro (fig. 41) a pareti spesse, chiuso ad una delle estremità, entro a cui può scorrere uno stantuffo. Premendo sullo stantuffo l'aria contenuta nel tubo diminuisce di volume, cioè si comprime, e tanto maggiormente quanto è maggiore lo sforzo esercitato sullo stantuffo, esso risale immediatamente al suo punto di prima, ciò che prova la forza elastica dell'aria. Così pure se si immerge una campana di vetro o un bicchiere nell'acqua coll'apertura volta in basso, l'acqua sale più o meno nel bicchiere a seconda dell'immersione maggiore o minore, e quindi l'aria si comprime di altrettanto.

Si prova la espansibilità dei gas introducendo entro ad un recipiente da cui si può togliere l'aria una vescica che contenga pochissima aria. Togliendo l'aria del recipiente, si vede la vescica gonfiarsi come se ci si soffiasse dentro un gas: siccome la quantità del gas contenuto nella vescica non cresce, è chiaro che il gonfiare della vescica dipende da una pressione dall'interno all'esterno del gas che vi è contenuto, provocata da ciò che togliendo l'aria che premeva la vescica dall'esterno abbiano lasciato libero giuoco alla ripulsione delle molecole del gas entro contenuto.

Il peso dei gas si determina direttamente pesando un reci-



Fig. 41.
Compressibilità
dell'aria.

piante di vetro o di metallo, o d'altro, purchè le sue pareti non siano cedevoli, pieno d'aria, e poi ripesandolo dopo tolta l'aria. Così pure si può pesare un gas qualunque. Del resto, quanto abbiamo detto sin'ora rispetto all'aria si può ripetere rispetto a qualunque gas: solo ci si riferisce generalmente all'aria come quella che ci dà l'esempio più familiare di un gas.

Da questa analogia fra i gas e i liquidi si deduce che anche ai primi è applicabile il principio della uguale trasmissione delle pressioni in tutti i sensi, il quale si dimostra con un ap-

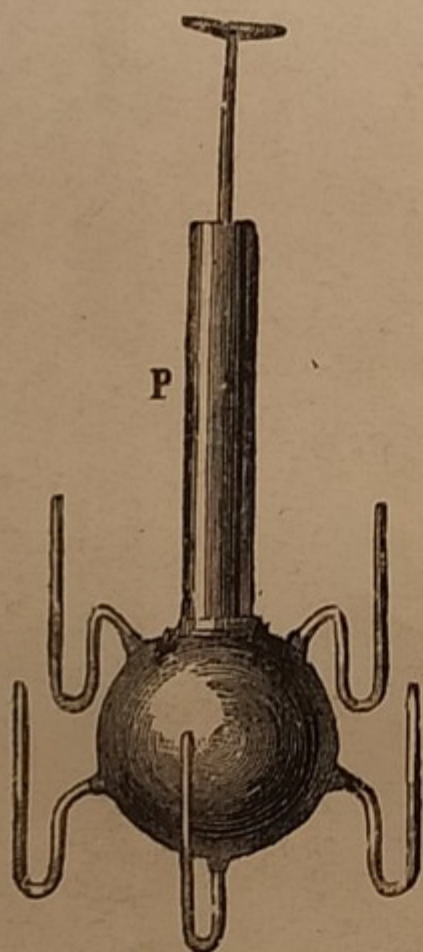


Fig. 42.
Eguale trasmissione
delle pressioni.

parecchio molto simile a quello già descritto a proposito delle pressioni dei liquidi: soltanto qui (fig. 42) i fori nella parete portano tanti tubi ricurvi ad U che contengono tutti lo stesso liquido: abbassando lo stantuffo nel cilindro si vede il liquido alzarsi egualmente in tutti i tubi, ciò che prova che la pressione esercitata dallo stantuffo sul gas contenuto nella sfera e nel cilindro si è trasmessa egualmente e in ogni senso.

Le condizioni di equilibrio dei gas si riducono a questa proposizione: *ogni molecola riceve ed esercita pressioni eguali in tutti i sensi*. Da ciò consegue che per ottenere equilibrio stabile conviene che la densità degli strati inferiori sia maggiore di quella dei superiori, a motivo delle pressioni sviluppate dalla gravità. Ciò ha poca importanza in una piccola massa gasosa, ma nelle grandi quantità di gas, come è l'atmosfera, la cosa va ben diversamente.

L'aria, di cui il complesso costituisce l'*atmosfera*, cioè quell'oceano gasoso che avvolge la terra e si muove con essa nello spazio, è un miscuglio di due gas, nitrogeno e ossigeno, uniti nel rapporto di 77 in peso (79.19 in volume) del primo e 23 (20.81 in volume) del secondo; questi due gas sono semplicemente mescolati nell'aria, e possono combinarsi indipendentemente l'uno

dall'altro con altri corpi, ma tuttavia a motivo della grande estensione dell'atmosfera e della rapida diffusione dei gas non muta sensibilmente la composizione dell'atmosfera: l'aria raccolta sul mare o sulla terra, sulle pianure deserte o nei boschi, sulle vette dei monti o nelle miniere è sempre apprezzabilmente la stessa. Col nitrogeno e l'ossigeno si trovano ancora nell'atmosfera, ma in quantità comparativamente piccola, due altri gas, cui si aggiunge una maggiore o minor quantità di vapor acqueo.

Facendo astrazione dalle piccole variazioni prodotte dai mutamenti di temperatura, che generano i venti, l'atmosfera ci si mostra come una grande massa di aria in equilibrio: quindi, conformemente alla legge di equilibrio testè ricordata, ogni suo strato orizzontale, o più propriamente ogni strato parallelo alla superficie della terra, a qualunque altezza si trovi, per essere in equilibrio deve sopportare in ogni suo punto la stessa pressione. Ora, siccome l'aria è pesante, è chiaro che gli strati inferiori, sopportando il peso degli strati superiori, a motivo della grande comprimibilità dei gas, debbono essere molto più densi di quelli che stanno sopra ad essi, e di più possedere una molto maggiore forza elastica. Quindi l'aria è tanto meno compressa, e meno densa, quanto più si innalza nell'atmosfera: alla superficie della terra, e nei punti più bassi di questa, cioè al livello del mare, l'aria presenta la massima condensazione, dovuta alla massima pressione.

La pressione atmosferica si dimostra con alcuni semplici esperimenti. Abbiasi un recipiente di vetro aperto ad una estremità e chiuso all'altra mercè una membrana di vescica che gli è legata strettamente attorno per modo da impedire l'accesso dell'aria. Applicando il recipiente per l'altra estremità sopra il piatto della macchina pneumatica per modo da impedire anche da questa parte l'accesso dell'aria, e poi togliendo l'aria dal recipiente, ciò che si fa mercè la macchina pneumatica, si vede la membrana deprimersi a misura che si fa il vuoto sotto ad essa, e finalmente scoppiare con forte detonazione: evidentemente qui la vescica è scoppiata sotto alla pressione dell'aria esterna, non più equilibrata da quella contenuta nel vaso.

Mediante gli *emisferi di Magdeburgo* si prova che la pressione atmosferica si esercita in tutti i sensi. Questi emisferi, così chiamati dalla città ove furono inventati da Ottone di Guericke, sono due mezze sfere di bronzo o di ottone, a pareti spesse e resistenti, del diametro di 10 a 15 centimetri, cavi internamente e disposti in modo che i loro margini possono combaciare strettamente fra loro. Uno dei due emisferi porta un tubo munito di chiavetta, per cui si può far comunicare la loro cavità interna e toglierne l'aria mediante la macchina pneumatica. Se ora si adattano i due emisferi l'uno all'altro, e poi si fa il vuoto e si chiude la chiavetta, si richiede uno sforzo notevole per separarli, dovuto alla pressione dell'atmosfera non più equilibrata dall'aria contenuta internamente: siccome poi lo sforzo necessario per separarli è lo stesso qualunque sia la posizione in cui si mettono gli emisferi, è chiaro che la pressione atmosferica si esercita in ogni senso. Aprendo poi la chiavetta, e lasciando entrare l'aria, i due emisferi si separano col più piccolo sforzo.

Questi due esperimenti, e molti altri analoghi, provano la pressione atmosferica, ma non ne danno la misura: per questo si ricorre al *barometro*. Se riempiamo di mercurio un tubo di vetro AB (fig. 43), e poi lo capovolghiamo coll'estremità aperta B in un bacino MN, che contiene anch'esso del mercurio, il mercurio del tubo tenuto verticalmente scenderà di una quindicina di centimetri, e si fermerà, dopo varie oscillazioni, ad una altezza di circa 76 centimetri sulla superficie del mercurio del bacino; lo spazio AB sovrastante alla colonna mercuriale è interamente vuoto, e forma la così detta *camera barometrica*. Per ottenere in questa il vuoto perfetto bisogna che il mercurio non contenga traccia di umidità o di aria, ciò che si ottiene usando certe cure nel preparare il barometro.

La differenza di livello tra il mercurio contenuto nel tubo e quello del bacino è prodotta dalla pressione atmosferica che si esercita sulla superficie libera MN del mercurio del bacino, e non sulla superficie C nel tubo: ciò si prova facilmente aprendo il tubo alla sua estremità superiore, giacchè in tal caso l'aria,

premendo anche sul mercurio del tubo, e colla stessa forza che al di fuori, deve mettere allo stesso livello il mercurio dentro e fuori del tubo; ora ciò si verifica appunto appena l'aria esterna penetra nella camera barometrica.

Lo sperimento che abbiamo descritto, che fu eseguito per la prima volta nel 1643 da Evangelista Torricelli, ci dà immediatamente la misura della pressione atmosferica: questa fa equi-

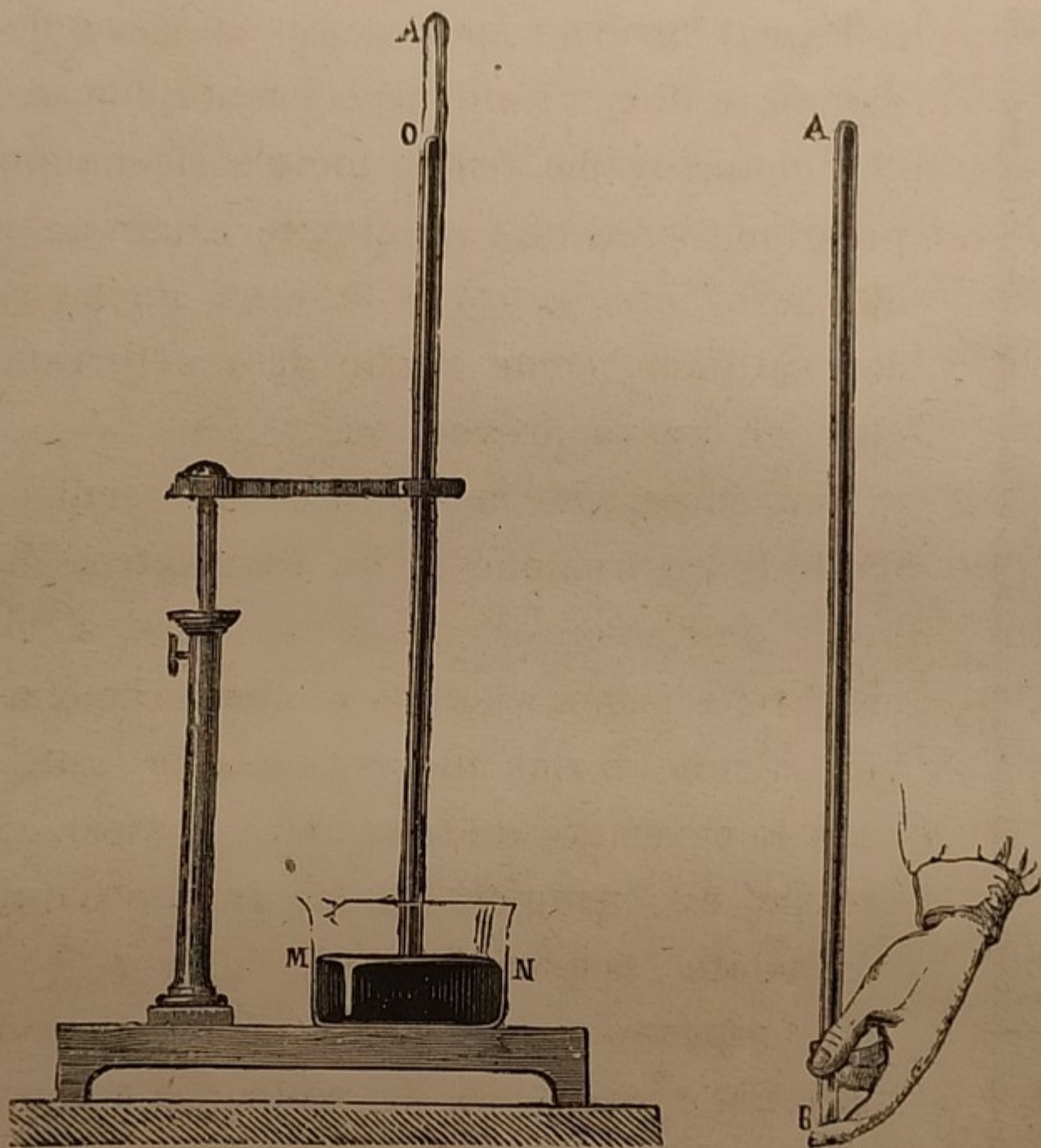


Fig. 43. Esperienza di Torricelli.

librio ad una colonna di mercurio alta, al livello del mare, 76 centimetri. Se si suppone che la sezione della colonna sia 1 c. q., il suo volume è 76 c.c., e poichè un c.c. di mercurio pesa gr. 13.6 (tale appunto è la densità del mercurio rispetto all'acqua), la colonna di mercurio preme sopra 1 c.q. colla forza di gr. 13.6×76 , ossia circa 1033 gr. Sopra un decimetro quadrato la pressione è 100 volte maggiore, cioè pari a chil. 103.3, e sopra un metro quadrato, chil. 10.330.

In questo esperimento si adopera il mercurio solo perchè essendo il liquido più pesante, il tubo barometrico si può accorciare in proporzione: se si adoperasse un altro liquido si vedrebbe salire ad una maggiore altezza, *che è in ragione inversa della sua densità*; così l'acqua può venire innalzata all'altezza di metri 10·30, ciò che si ottiene più o meno nelle trombe; l'olio sale più dell'acqua, e lo spirito di vino ancora più del-

l'olio, ecc. Poco dopo la scoperta del Torricelli il Pascal variò lo sperimento adoperando liquidi diversi, e dimostrando sperimentalmente la legge che enunciavamo testè; inoltre riconobbe che la pressione sulle alte montagne è minore che non alla loro base, e provò la cosa anche per piccole altezze, come quelle di una torre, secondo che egli aveva preveduto.

Non entreremo nei particolari tecnici riguardanti la costruzione di un barometro, che è ben lungi dall'esser così agevole come si potrebbe credere a prima vista, e ci limiteremo a descrivere alcune forme più note fra le tante che furono immaginate onde rendere l'osservazione più precisa, e lo strumento meno fragile e quindi più facilmente trasportabile.



Fig. 44.
Barometro
fisso.

Il *barometro fisso* (fig. 44) viene adoperato soltanto nelle esperienze di gabinetto, e non essendo trasportabile si riduce alla massima semplicità. Essenzialmente è un tubo torricelliano, risultando di un grosso tubo di vetro BC, del diametro non minore di due centimetri e mezzo, per evitare gli effetti della capillarità, che pesca in una vaschetta, o *pozzetto*, come si chiama propriamente, di ghisa, in forma di triangolo: il tutto è sostenuto da un'asse fissata nel muro. Per misurare l'altezza della colonna bisogna misurar bene l'altezza del livello nel pozzetto, il quale livello si abbassa e si alza secondochè sale o scende il mercurio nel tubo: per questo sulla vaschetta è posta una vite A mobile, che quando si vuol fare una osser-

vazione si porta in contatto del liquido. Ciò fatto, si misura la distanza verticale compresa fra la punta superiore della vite A e il livello del mercurio nel tubo; aggiungendo a questa quantità la lunghezza della vite A, che è costante, si ottiene con grande precisione l'altezza totale della colonna barometrica. — Il *barometro di Fortin* è, come questo ora descritto, un barometro a pozzetto, ma è disposto in modo da essere trasportabile.

Nei *barometri a sifone* il tubo non pesca in un vaso separato, ma viene ripiegato ad U nella sua parte inferiore, e presenta un ramo aperto molto più corto dell'altro: tale è il barometro di Gay-Lussac. Consiste questo (fig. 45) in tre parti saldate insieme. La prima, A, contiene la camera barometrica; la seconda, B, dello stesso diametro, costituisce la vaschetta, e perciò è munita di un'apertura *o* che dà adito all'aria; la terza parte *b* è un tubo capillare che riunisce gli altri due, con cui è saldato. L'altezza della colonna è la differenza fra il livello inferiore *n'* e il superiore *n*: qui si ha il vantaggio che la capillarità non ha alcun effetto, poichè se i due menischi hanno la stessa forma, l'errore *in meno* segnato da uno è compensato dall'errore *in più* segnato dall'altro. Per trasportare lo strumento si capovolge lentamente, in modo che prenda la posizione *b'A'*: il mercurio riempie lo strumento sino in *c*, e quivi rimane sospeso per la capillarità, e l'eccedente cade in *d*: per tal modo il mercurio non riceve scosse. Quando poi si vuol fare una osservazione si capovolge lo strumento, riconducendolo alla posizione di prima. Si può alloggiare il tubo in una guaina di ottone o di latta, che ha delle aperture per cui si può vedere il livello del mercurio.

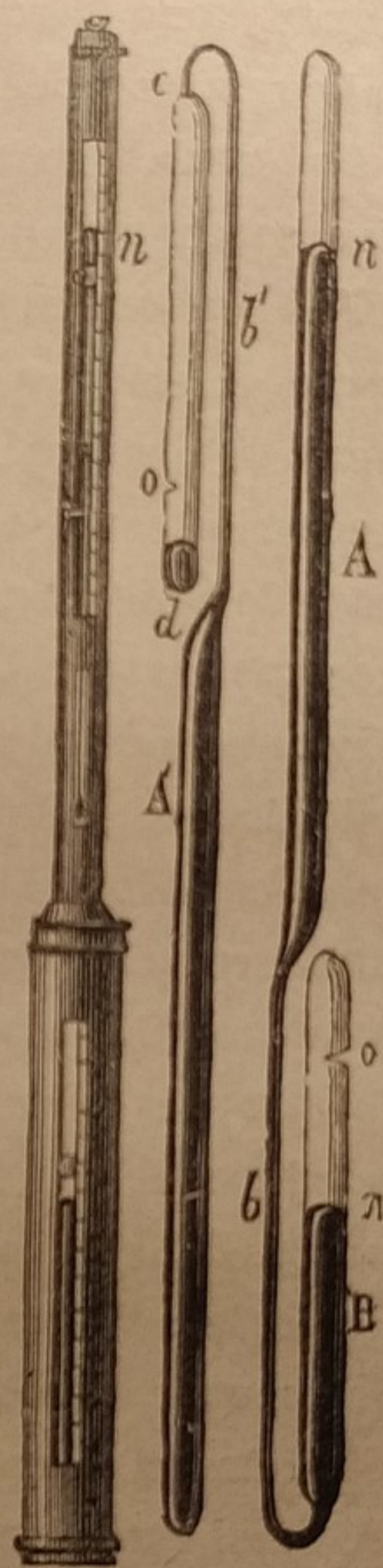


Fig. 45.
Barometro
di Gay-Lussac.

Vi hanno pure barometri senza mercurio, che vengono perciò detti *aneroidi*, cioè *senza liquido*, o anche *olosteric*, ossia *tutti solidi*: sono fondati sui mutamenti di forma che le variazioni nella pressione producono in un invoglio rigido ed elastico. Con questi non bisogna confondere i *barometri a quadrante*, i quali sono barometri a sifone in cui è posto sul mercurio un galleggiante che, alzandosi e abbassandosi al mutare di livello del mercurio, mette in movimento un indice, una lancetta, che gira sopra un quadrante.

Nelle osservazioni barometriche conviene tener conto di alcune cause di errore che, trascurate, possono modificarne sensibilmente i risultati. In primo luogo siccome il calore dilata il mercurio, come ogni altro corpo, così si è convenuto di ridurre tutte le osservazioni barometriche alla temperatura di 0° : ora siccome raramente accade che la temperatura dell'atmosfera sia allo zero, così se la temperatura è superiore, bisogna sottrarre dall'altezza della colonna la somma della dilatazione prodotta nel mercurio dall'eccesso di temperatura, e, se è inferiore, aggiungere la somma della contrazione dovuta alla minore temperatura. Ciò riesce facilissimo quando si sa di quale frazione del proprio volume si dilata il mercurio per ogni grado del termometro, il che fu determinato esattissimamente; si sono costrutte delle tavole dove la correzione dovuta alla temperatura è calcolata di grado in grado: naturalmente in ogni osservazione barometrica bisogna osservare pure la temperatura, e per questo i barometri sono per lo più accompagnati da un termometro. Devonsi pure considerare gli effetti dalla capillarità, per cui il mercurio viene depresso nel tubo tanto più quanto è più piccolo il diametro di questo, giacchè il mercurio non bagna il vetro: per correggere questa causa di errore basta aggiungere all'altezza della colonna la depressione dovuta alla capillarità. Per questo scopo si sono costrutte delle tavole che danno la depressione capillare nei tubi di differenti diametri.

Non si deve ritenere che l'altezza e la pressione dell'atmosfera siano strettamente costanti. Raramente l'oceano dell'aria è libero dalle onde e dalle correnti, e conseguentemente la co-

lonna di mercurio nel barometro, influenzata da questa agitazione, varia frequentemente in altezza, sebbene ordinariamente entro a limiti ristretti. Nelle latitudini medie, al livello del mare o a poca altezza, la sua altezza ordinaria è di 760 millimetri, come fu detto: in queste latitudini non sono rare le oscillazioni di 15 millimetri, e occasionalmente raggiungono, in tempi molto procellosi, 50 millimetri. Prese su tutto il globo, le fluttuazioni salgono a 76 millimetri, cioè appunto al decimo della intera pressione atmosferica.

Il barometro serve a indicare e preavvisare i mutamenti del tempo in questo senso che quando una colonna d'aria si contrae nel raffreddarsi vi ha verso quel punto un afflusso d'aria dal contorno, e così il peso della colonna ne è accresciuto, e il barometro sale: là dove esiste una deficienza d'aria, indicata da un barometro basso, affluisce aria, ossia spira verso quel punto un vento. Quindi il barometro basso precede il vento, e rimane in tale condizione sino a che il perturbamento non è riparato, e non si è ripristinato l'equilibrio dell'atmosfera.

Un'altra applicazione importantissima ha il barometro nelle livellazioni, cioè nella misura delle altezze verticali. Siccome la pressione atmosferica decresce a misura che si ascende, consegue che le osservazioni fatte col barometro a differenti elevazioni (supponendo che le osservazioni sian fatte in condizioni atmosferiche identiche) ci danno il mezzo di determinare la differenza di altitudine fra questi punti, e conseguentemente l'altitudine assoluta dell'uno, essendo nota quella dell'altro: si assume quale punto di partenza il livello del mare, ove appunto la pressione atmosferica è normalmente pari a 76 centimetri di mercurio.

Malgrado la forza espansiva dei gas, l'atmosfera non è diffusa indefinitamente per lo spazio, ma è limitata ad una certa altezza, perchè la sua forza espansiva diminuisce sempre più a misura che si dilata, e nelle alte regioni è ancora diminuita dalla bassa temperatura: però vi ha una altezza a cui la forza espansiva e la gravità si fanno equilibrio, e qui esiste la superficie libera dell'atmosfera. Quanto è agevole dimostrare che

l'atmosfera è limitata, altrettanto difficile è il misurarne l'altezza: basti qui ricordare che nella meteorologia si ritiene questa altezza pari a 60 chilometri, cioè un centesimo del raggio terrestre; ma secondo certe osservazioni ottiche essa sarebbe molto maggiore, cioè 300 chilometri e oltre.

Abbiamo parlato ripetutamente della grande compressibilità dei gas, che li distingue dai liquidi, senza fermarci a studiarne la legge. Questa, che vien chiamata *legge di Mariotte*, o *legge di Boyle*, si enuncia nel modo seguente:

I volumi occupati da una stessa massa di gas sono in ragione inversa delle pressioni che essa sopporta, quando la temperatura rimanga invariata.

I due fisici di cui porta il nome scopersero quasi contemporaneamente questa legge rispetto all'aria, ma più tardi fu applicata a tutti i gas.

Dalla legge ora enunciata deriva come conseguenza che *la densità di un gas è proporzionale alla pressione che sopporta*; in fatti noi sappiamo che la densità di una stessa massa è in ragione inversa del suo volume.

Si dimostra sperimentalmente la legge di Mariotte con un semplice apparecchio, chiamato *tubo di Mariotte* (fig. 46). Consiste questo in un tubo *Bb* aperto nella sua parte superiore *B*, incurvato in basso, e

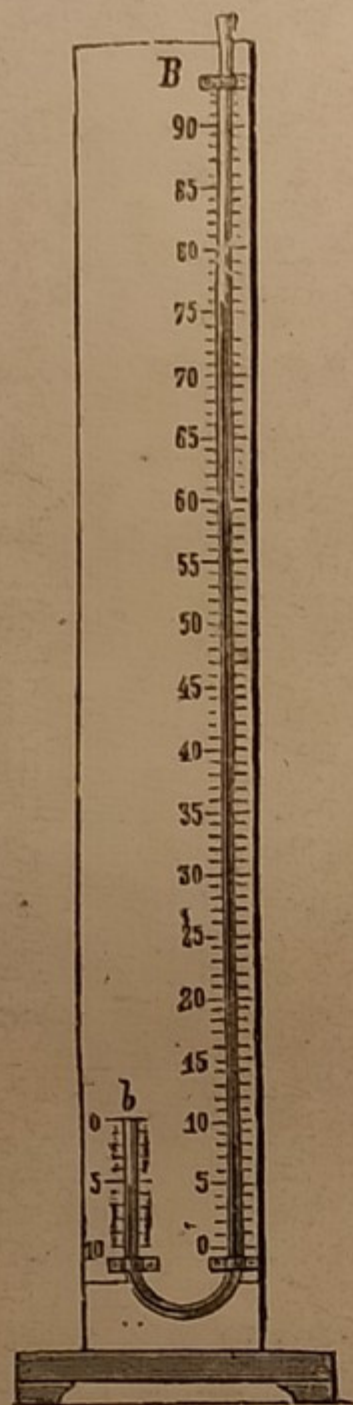


Fig. 46.
Tubo
di Mariotte.

terminato da un ramo verticale chiuso in *b*, parallelo all'altro e molto più corto. Versando del mercurio per l'orifizio *B*, il liquido si dispone alla stessa altezza nei due rami del tubo sino allo zero della scala segnata sopra l'asse di legno cui è fissato il tubo. In questo stato la pressione è eguale nei due rami del tubo, come prova l'eguaglianza di livello del liquido, ed è pari alla pressione atmosferica. Versando del

mercurio nel tubo, questo preme col suo peso sull'aria contenuta nel ramo *b*, e il volume di questo diminuisce: ora quando la differenza fra il livello del mercurio nei due tubi è eguale all'altezza barometrica, cioè a 76 centimetri, è chiaro che l'aria contenuta nel tubo sopporta una pressione doppia della normale, e allora si riconosce che essa è ridotta ad un volume che è la metà del precedente, cioè il mercurio è salito dalla divisione 0 alla 5 della scala, che ne comprende 10. Continuando ad aggiungere del mercurio fino ad ottenere una differenza di livello pari a tre, quattro, ecc., volte 76 centimetri, si trova che i volumi successivi del gas sono un terzo, un quarto, ecc., del volume occupato sotto alla pressione atmosferica. Parimente con uno sperimento analogo si dimostra la legge per pressioni inferiori alla pressione atmosferica. Quanto abbiamo detto dell'aria si verifica rispetto a tutti i gas, con questa avvertenza che la legge di Mariotte *non è rigorosamente esatta* per nessun gas, tanto più quando si assoggettano i gas a fortissime pressioni. Ma tuttavia nelle applicazioni comuni si ritiene come vera, essendo piccolissima la deviazione che si osserva in realtà da essa.

Siccome la forza elastica di un gas è sempre misurata dalla pressione che esso sopporta, può venire espressa coll'altezza di una colonna liquida, o con pesi: per *unità di misura* della forza elastica dei gas fu scelta la pressione atmosferica normale, cioè quella esercitata da una colonna di mercurio alta 76 centimetri, e questa unità vien detta *atmosfera*, e quando si parla del volume, della densità, della pressione dei gas si intende sempre che sian sottoposti alla pressione di un'atmosfera. Per la misura delle pressioni superiori alla atmosferica si adoperano degli strumenti appositi, chiamati *manometri*.

Quanto abbiamo detto a proposito delle pressioni sopportate dai corpi immersi in un liquido si applica pure ai corpi immersi in un gas; infatti, siccome i gas sono pesanti, i corpi che vi sono immersi debbono essere sottoposti ad una forza di spinta dal basso in alto eguale al peso del fluido spostato. In

altre parole, il principio di Archimede si applica pure ai fluidi aeriformi, e si dimostra collo stesso ragionamento che abbiamo fatto pei liquidi.

Un piccolo apparecchio rende visibile la cosa. Questo, che vien chiamato *baroscopio* (fig. 47), consiste in una bilancia alle estremità del cui giogo sono sospesi due corpi di volume molto diverso, come una grossa sfera vuota di rame e una piccola palla di piombo, e tali che nelle condizioni ordinarie, cioè nell'aria, si facciano equilibrio: se si pone l'apparecchio nel vuoto, l'equilibrio non sussiste più e la bilancia trabocca dalla parte della sfera di rame, ciò che prova che questa in realtà pesa

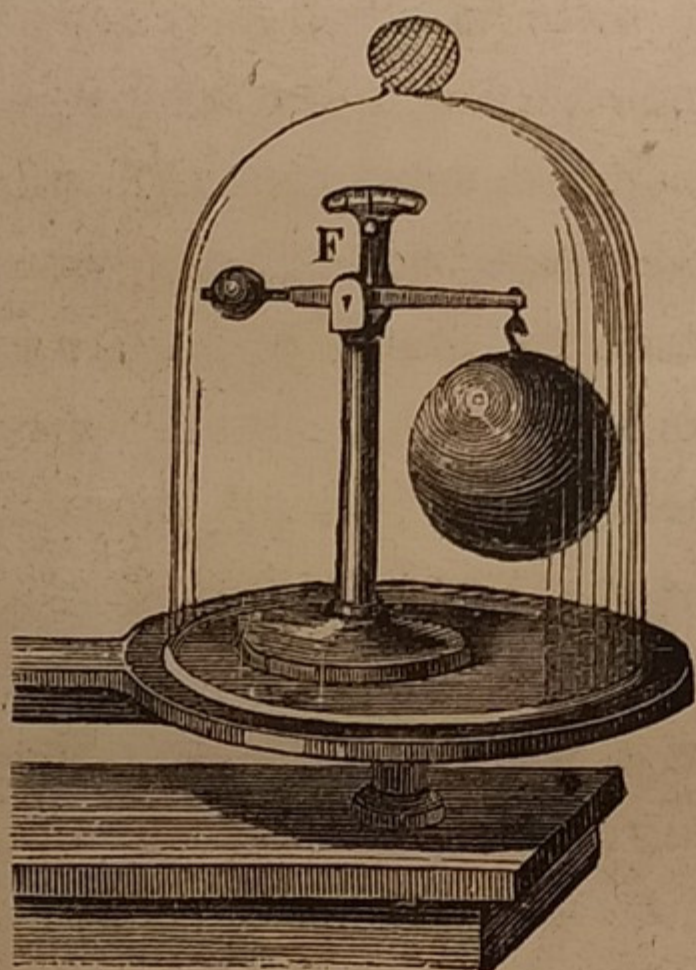


Fig. 47. Baroscopio.

più della palla di piombo, e che nell'aria è sostenuta dalla spinta di questa, che si esercita con molto maggior forza sulla sfera grande che non sulla palla di piombo a cagione del minore volume di questa. Quindi colla bilancia noi non determiniamo il peso relativo di un corpo, ma solo l'eccesso del suo peso reale su quello di un egual volume d'aria.

Da quanto precede risulta evidentemente che un corpo che pesa meno di un egual volume

di aria deve innalzarsi nell'atmosfera, appunto come un corpo più leggero dell'acqua sale a galla quando viene immerso in questo liquido: su questo principio sono fondati gli *aerostati*, o *globi aerostatici*.

La scoperta degli aerostati è dovuta ai fratelli Mongolfier, e data appunto da un secolo: il primo pallone volante fu innalzato nel 1783 ad Annonay in Francia. Era un grande globo di tela foderata internamente di carta che veniva gonfiato coll'aria calda, accendendo un grande fuoco di paglia sotto ad un'ampia apertura praticata nella sua parte inferiore; l'aria calda, a parità di forza elastica, ha una densità notevolmente minore dell'aria

fredda, e così quel globo, del diametro di 13 metri, aveva la forza di sollevare un peso di più che 500 chilogrammi. Per mantenere calda l'aria il pallone era provveduto di un cestino di filo di ferro contenente delle sostanze infiammate e sospeso sotto all'apertura inferiore. Un pallone di questa sorta, cioè ad aria calda vien detto propriamente una *mongolfiera*, riservandosi il nome di *aerostato* ai palloni gonfiati coll'idrogeno, o col gas illuminante, i soli in uso attualmente.

Un aerostato è un globo formato di una stoffa di seta leggera e resistente, che vien reso impermeabile all'idrogeno mercè una vernice di cauteiù; la sua forma è sferoidale, essendo alquanto più lungo nel senso verticale che non nel trasversale; una rete di corda avvolge tutto il globo, e sostiene inferiormente una navicella di vimini destinata ad accogliere i viaggiatori, le provvigioni, gli strumenti, ecc. Al vertice dell'aerostato si trova un'apertura chiusa da una valvola, che l'aeronauta può aprire a sua posta mediante una funicella: aprendo la valvola l'aria entra nel pallone, il peso di questo cresce, e quindi il pallone discende; se si vuol rallentare la discesa, o per risalire, conviene render più leggero tutto l'apparecchio, e per questo l'aeronauta getta via della *zavorra*, cioè vuota dei sacchi di sabbia di cui si era munito a questo scopo prima della partenza.

Per gonfiare un aerostato, un gas dà un effetto utile tanto maggiore quanto più è leggero, e quindi l'idrogeno è da preferirsi ad ogni altro; tuttavia, si adopera molto frequentemente il gas illuminante, come molto meno costoso e più facile a procurarsi: in questo caso naturalmente bisogna dare all'apparecchio un volume molto più grande, perchè il gas illuminante è notevolmente più denso dell'idrogeno, sebbene, s'intende, lo sia ancora assai meno dell'aria. Nel gonfiare l'aerostato bisogna aver la precauzione di non riempirlo interamente di gas al momento della partenza, chè altrimenti, siccome la pressione atmosferica diminuisce a misura che si ascende, la forza espansiva del gas potrebbe lacerare l'invoglio. La *forza ascensionale* dell'aerostato, cioè il peso che esso è capace di sollevare, non

diminuisce coll'ascesa, perchè il gas che vi è contenuto si espande in modo da conservare la stessa forza elastica dell'aria esterna, e quindi gonfia sempre più il pallone e sposta un volume d'aria tanto maggiore quanto più è diminuita la densità assoluta del gas stesso e dell'aria. Così, per esempio, se la diminuzione della densità ha ridotto alla metà la forza ascensionale *di un metro cubo*, il volume di questo si è raddoppiato, e quindi la forza ascensionale rimane la stessa.

La *macchina pneumatica* è un apparecchio che serve ad estrarre l'aria da un recipiente. Fu inventata da Ottone di Guericke nel 1650, tre anni dopo la scoperta del barometro. Consiste in

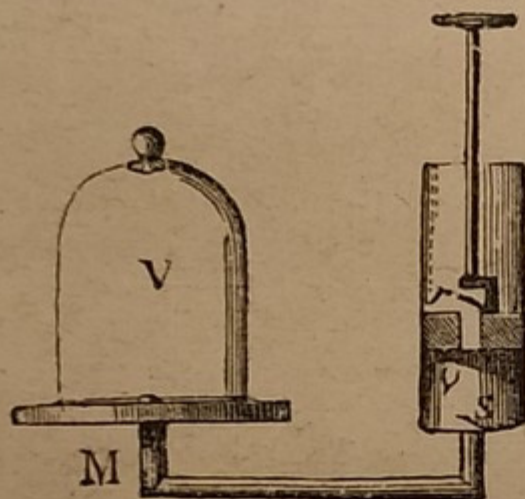


Fig. 48.

un tubo cilindrico (fig. 48) detto *corpo di tromba*, in cui si muove uno stantuffo *P*, e che comunica mercè il tubo laterale *MN* con un recipiente *V*, da cui si vuol togliere l'aria. All'origine del tubo *MN* è posta una valvola *s* che si apre dal di fuori al di dentro del corpo di tromba, ossia dal basso in alto; una seconda valvola *r*, che si apre pure dal basso in alto, ma dal di dentro al di fuori del corpo di tromba, può chiudere un'apertura *v* praticata nello stantuffo.

Supponiamo ora che tutto l'apparecchio sia pieno d'aria alla pressione normale, e lo stantuffo sia al fondo del corpo di tromba. Sollevando lo stantuffo, la valvola *r*, si chiude per effetto della pressione atmosferica esterna, mentre l'aria contenuta nel recipiente *V* e nel tubo *MN* si espande per la propria forza elastica, con ciò solleva la valvola *s*, e una parte di quest'aria penetra nel corpo di tromba, sino a che la pressione sia eguale a quella che vi ha nel recipiente. Abbassiamo ora lo stantuffo: la valvola *s* si chiude immediatamente, perchè è premuta dalla forza elastica dell'aria che è accresciuta nel corpo di tromba, mentre la valvola *r* non si apre se non quando la forza elastica di quest'aria, in conseguenza della diminuzione di volume, è maggiore di quella dell'atmosfera; allora l'aria

contenuta nel corpo di tromba sfugge per la valvola *r*, e lo stantuffo viene a porsi sulla base del corpo di tromba, come era prima.

Si vede quindi come innalzando lo stantuffo si rarefa l'aria del recipiente, e poi abbassandolo se ne espelle una porzione nell'atmosfera; siccome poi si può continuare indefinitamente il movimento dello stantuffo, parrebbe che si potesse ottenere quel grado di rarefazione che si vuole; ma in realtà la cosa non va a questo modo.

Un primo perfezionamento nella macchina pneumatica fu l'introduzione di due corpi di tromba. Invero quando la rarefazione è spinta molto avanti, per alzare lo stantuffo bisogna vincere la pressione atmosferica che preme sopra ad esso, e che oltrepassa 100 chilogrammi per decimetro quadrato; sostituendo al corpo di tromba unico due corpi di tromba accoppiati in modo tale che mentre uno stantuffo si alza l'altro si abbassa, è chiaro che le pressioni sopportate dai due stantuffi si compensano, perchè se la rarefazione è eguale nei due corpi di tromba, in un momento qualunque la pressione atmosferica si oppone alla sa-

lita di uno stantuffo appunto colla stessa forza con cui preme sull'altro cooperando a farlo scendere. Inoltre con due corpi si raddoppia l'azione totale della macchina. Si realizza questa disposizione col munire superiormente i due stantuffi (fig. 49) di due aste dentate *c*, di cui i denti incastrano con quelli di una ruota pure dentata *a*, messa in moto da una manovella a due manichi *mn*; ad ogni mezzo giro della manovella uno degli stantuffi sale e l'altro discende. Dai due corpi partono due canali *oo*, che al discendere dello stantuffo vengono chiusi da un turacciolo portato da un'asta *t*, che può scorrere a sfregamento duro nello stantuffo; questo turacciolo sostituisce la valvola *s* della fig. 48, e ha il vantaggio di aprirsi senza la

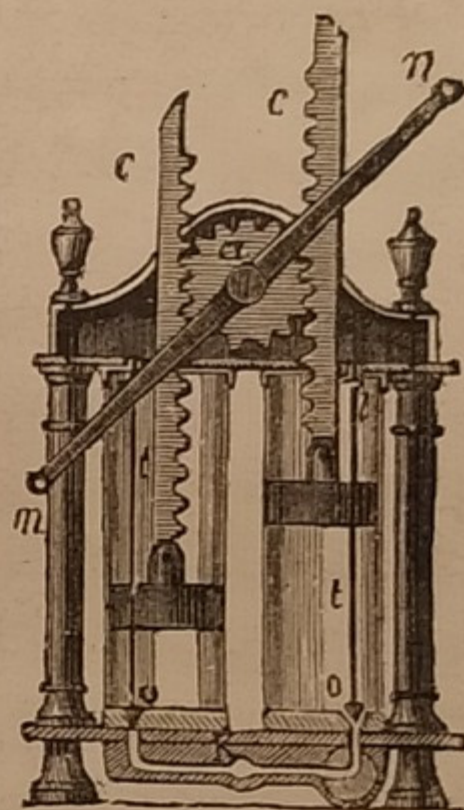


Fig. 49. Ginoco degli stantuffi.

pressione dell'aria, che diviene insufficiente quando questo gas è molto rarefatto.

I due canali oo si riuniscono in un condotto comune, che va a sboccare nel centro di un disco di vetro chiamato *piatto*, dove terminano con un passo di vite a cui si possono avvitare i vasi da cui si vuole estrarre l'aria. Il piatto è un disco di vetro poggiato sopra uno d'ottone; la sua superficie è resa perfettamente piana e levigata mercè lo smeriglio fino, e vi si può sovrapporre una campana dai margini unti di sego, che aderiscono perfettamente mercè la pressione atmosferica che sopportano.

Sul percorso del tubo che va dal recipiente ai corpi di tromba è posto un rubinetto, che intercetta la comunicazione fra loro quando si vuol conservare il vuoto per molto tempo nel recipiente, e serve pure a lasciarvi entrare l'aria quando lo si vuol togliere, cosa che non si potrebbe fare altrimenti a cagione della pressione atmosferica. Un altro accessorio della macchina pneumatica è il *provino*, che è un barometro a sifone in forma di un tubo ad U, contenuto in una campanella, che comunica col recipiente. Questo barometro generalmente è lungo solo 30 o 40 centimetri, perchè in generale si ha bisogno di misurare la forza elastica dell'aria già molto rarefatta. Quando la macchina non ha ancora agito, il ramo chiuso del provino è completamente pieno di mercurio e il ramo aperto contiene il mercurio sino ad un certo livello; dopo un certo numero di colpi dello stantuffo, tali da rendere la forza elastica dell'aria minore dell'altezza del mercurio nel ramo chiuso, la colonna di mercurio discende in questo, e sale nel ramo aperto: la differenza di livello dà la forza elastica dell'aria che ancora rimane nel recipiente, e così il grado di rarefazione ottenuto. Quando il vuoto fosse perfetto il liquido avrebbe nei due tubi precisamente lo stesso livello.

Teoricamente si potrebbe ottenere, come già dicemmo, quel grado di rarefazione che si vuole, e ciò moltiplicando i colpi di stantuffo. Ma in pratica vi ha un massimo di rarefazione che non si può superare. Ciò dipende dal fatto che lo stantuffo non

può mai venire in contatto col fondo del corpo di tromba: fra loro vi ha sempre uno spazio piccolissimo, chiamato *spazio nocivo*, che non si può mai annullare completamente, e in cui sta un po' d'aria che non può mai uscire. Inoltre in pratica non si può evitare che entri un po' d'aria per le giunture dei vari pezzi della macchina. Le migliori macchine di rarefazione riducono la forza elastica dell'aria a circa un millimetro di mercurio, e anche meno, cioè a circa un millesimo della pressione normale.

Sul principio della macchina ora descritta è fondata la macchina di condensazione: si hanno gli stessi corpi di tromba, gli stessi stantuffi: solo le valvole invece di aprirsi dal basso in alto si aprono dall'alto in basso. Questa macchina è poco usata, e le si preferisce la tromba a mano o tromba di compressione.

Alla categoria delle macchine pneumatiche spettano ancora le *trombe idrauliche*, le quali sono apparecchi destinati ad elevar l'acqua. Tutte le trombe si riducono a tre sistemi, essendo o *aspiranti*, o *prementi*, o *aspiranti e prementi*.

Una tromba aspirante (fig. 50) consiste in un cilindro C C', che è il *corpo di tromba*, e in un tubo T, che pesca nell'acqua che si vuole innalzare, e che vien detto *tubo di aspirazione*. Nel corpo di tromba si muove uno stantuffo P provveduto di una o due valvole, *s* e *s'*, che si aprono dal basso all'alto; un'altra valvola S, che si apre parimente dal basso all'alto, è posta in fondo al corpo di tromba, all'origine del tubo di aspirazione. In alto del corpo di tromba e lateralmente vi ha ordinariamente un tubo D, per cui effluisce l'acqua aspirata dalla tromba. Alzando lo stantuffo l'aria si rarefa, come nella macchina pneumatica, nel corpo di tromba e nel tubo, e se questo pesca nell'acqua, questa entra per un certo tratto del tubo. Mediante successivi colpi di stantuffo l'acqua sale fino alla base del corpo di tromba, e allora apre la valvola S e penetra in esso; abbassando di nuovo lo stantuffo, questa volta si chiude, e l'acqua premuta apre la valvola o le valvole *s s'* dello stantuffo, ed esce sopra ad esso. Se si continua a muovere lo stantuffo, l'acqua

che vi sta sopra è sollevata, ed esce pel tubo laterale D, mentre l'acqua sottoposta sale dietro allo stantuffo spinta dalla pressione atmosferica. È chiaro che nella tromba aspirante la distanza fra il livello dell'acqua e la base dello stantuffo quando è al sommo della sua corsa non deve superare 10,30 metri, cioè l'altezza della colonna d'acqua che fa equilibrio alla pressione atmosferica: nella pratica non si oltrepassano gli 8 metri a motivo delle imperfezioni della costruzione. Bisogna poi che il serbatoio da cui si vuole innalzar l'acqua sia in comunicazione

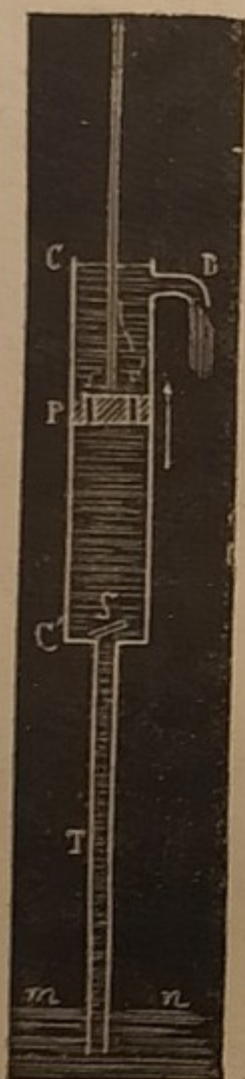


Fig. 50.
Tromba
aspirante.



Fig. 51.
Tromba aspirante
ed elevatoria.

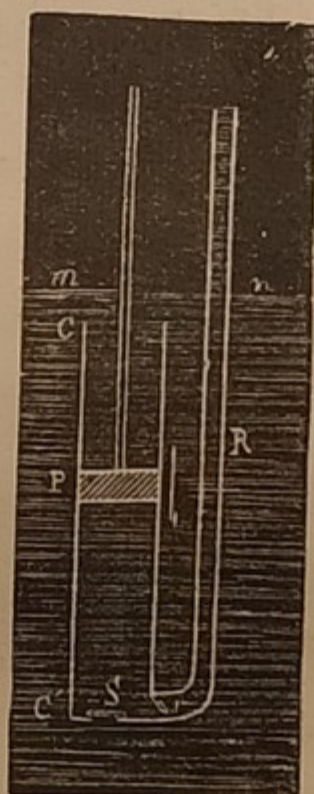


Fig. 52.
Tromba
premente.

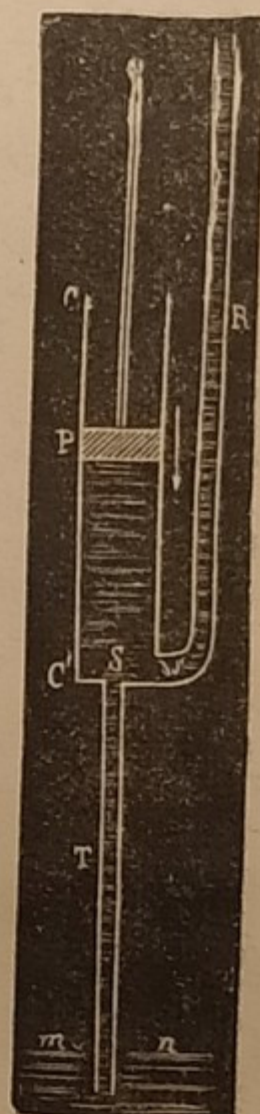


Fig. 53. Tromba
aspirante
e premente.

coll'atmosfera, perchè altrimenti in capo ad un certo tempo, cioè quando l'aria fosse abbastanza rarefatta dallo abbassamento nel livello dell'acqua, la tromba cesserebbe di funzionare.

Adattando al corpo di tromba, invece del tubo di afflusso D, un tubo verticale E (fig. 51), detto tubo di *ascensione*, provveduto di una valvola che impedisce all'acqua di ridiscendere, si ha la *tromba aspirante ed elevatoria*.

La tromba premente (fig. 52) è, per così dire, una tromba aspirante invertita. Lo stantuffo non ha valvola; il corpo di

tromba è immerso nell'acqua, e porta nella sua parte inferiore una valvola S che si apre dal basso all'alto, e lateralmente al suo fondo ha un tubo di ascensione R, provveduto pur esso di una valvola s, che si apre parimente dal basso all'alto. Alzando lo stantuffo l'acqua entra nel vaso; scendendo, la valvola S si chiude e l'acqua premuta si spinge nel tubo aprendo la valvola s: così con un certo numero di colpi di stantuffo l'acqua può innalzarsi a grande altezza nel tubo: diffatti qui non vi ha limite alla ascesa dell'acqua, purchè si applichi allo stantuffo una forza sufficiente.

Una tromba aspirante e premente (fig. 53) non è altro che una tromba premente, coll'aggiunta del tubo di aspirazione T, che fa parte della tromba aspirante. Avendo già detto come agiscono le altre due trombe, non è più necessario spiegare come agisca questa.

Alle trombe prementi spetta la *tromba da incendio*, che risulta di due trombe prementi disposte l'una accanto all'altra, e in cui il getto vien reso costante mercè l'aggiunta di un serbatoio ad aria, e può esser diretto a volontà perchè il tubo di ascensione è di guttaperca, o di altra materia flessibile e impermeabile.

V. — Cause fisiche del suono. — Sua velocità. — Eco.

L'acustica è quella parte della fisica che studia il suono. Questo si definisce: *la sensazione prodotta sull'organo uditivo dalle vibrazioni dei corpi sonori che son trasmesse all'orecchio mediante un mezzo elastico interposto.*

Vediamo ora come si giustifichi collo sperimento questa definizione. Prendiamo una campana di vetro tenuta ben ferma in un sostegno, e ad essa sia appoggiata una piccola sfera sospesa ad un filo: battendo la campana in modo che dia un suono, si vede che la sfera è scossa e respinta dalla campana; ricade su questa pel proprio peso, ma ne è nuovamente respinta e così succedono delle oscillazioni dovute evidentemente al movimento

di particelle materiali della campana. Se alla campana, mentre suona, si avvicina una punta (fig. 54), si sente uno stridore particolare, prodotto dal battere delle parti scosse della campana contro la punta. Se in un vaso si mette dell'acqua e si fregano gli orli con un archetto da violino, si vede che l'acqua si increspa mentre si sente il suono. Quando il suono è prodotto dalle vibrazioni di una corda queste si riconoscono vedendo che la corda pare rigonfia nel mezzo; ponendovi sopra dei pezzetti di carta questi si muovono con essa, o anche vengono proiettati via, quando la si sfrega coll'archetto. Anche negli strumenti a vento, come la canna di un organo, il suono è prodotto dalle vibrazioni dell'aria.

Vediamo ora come si compiono le vibrazioni per cui si produce

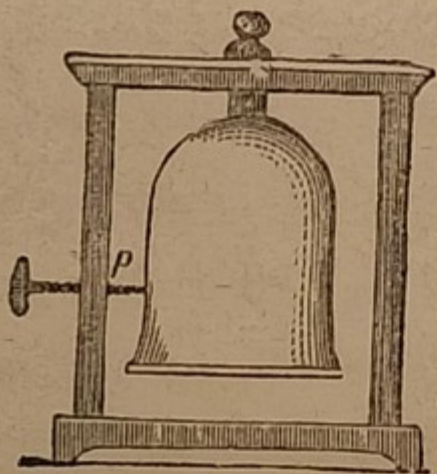


Fig. 54. Campana vibrante.

il suono. Supponiamo che una molecola si trovi in A (fig. 55) nella condizione di equilibrio rispetto alle circostanti. Se una scossa, un urto, in una parola la causa

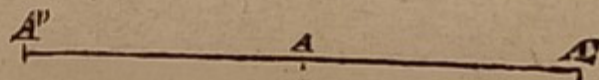


Fig. 55.

meccanica del suono, la spinge in A', essa non è più in equilibrio rispetto alle circostanti, e in virtù dei legami molecolari da cui risulta la elasticità, essa tende a ritornare ad A. Quindi la molecola si incammina verso A', dove giunge con una velocità assai grande, per cui continua a procedere nella stessa direzione e si spinge sino ad A''; quivi la velocità è nulla, e la molecola di nuovo si incammina verso A con velocità crescente, e quivi giunta continua il suo cammino verso A', donde ritorna di nuovo ad A, riproducendo il moto nelle condizioni già indicate. Questo moto oscillatorio intorno alla posizione di equilibrio vien detto *moto vibratorio*, e il cammino fatto da A', andando in A e in A'' per ritornare in A e in A', cioè un'andata e un ritorno, è una *vibrazione intera*; un'andata e un ritorno semplice, cioè il cammino da A' ad A'', o da A'' ad A', forma una *mezza vibrazione*. La distanza da A' ad A'' forma l'ampiezza di vibrazione.

La molecola che abbiamo considerato col suo movimento sposta pure dalla posizione di equilibrio le molecole circonvicine, e queste pure si muovono insieme alla prima, e con moto analogo al suo; da queste molecole il movimento si comunica alle loro prossime, e così di seguito: per tal modo si compie la propagazione del suono, il quale adunque non è una sostanza, una modificazione speciale della materia, ma

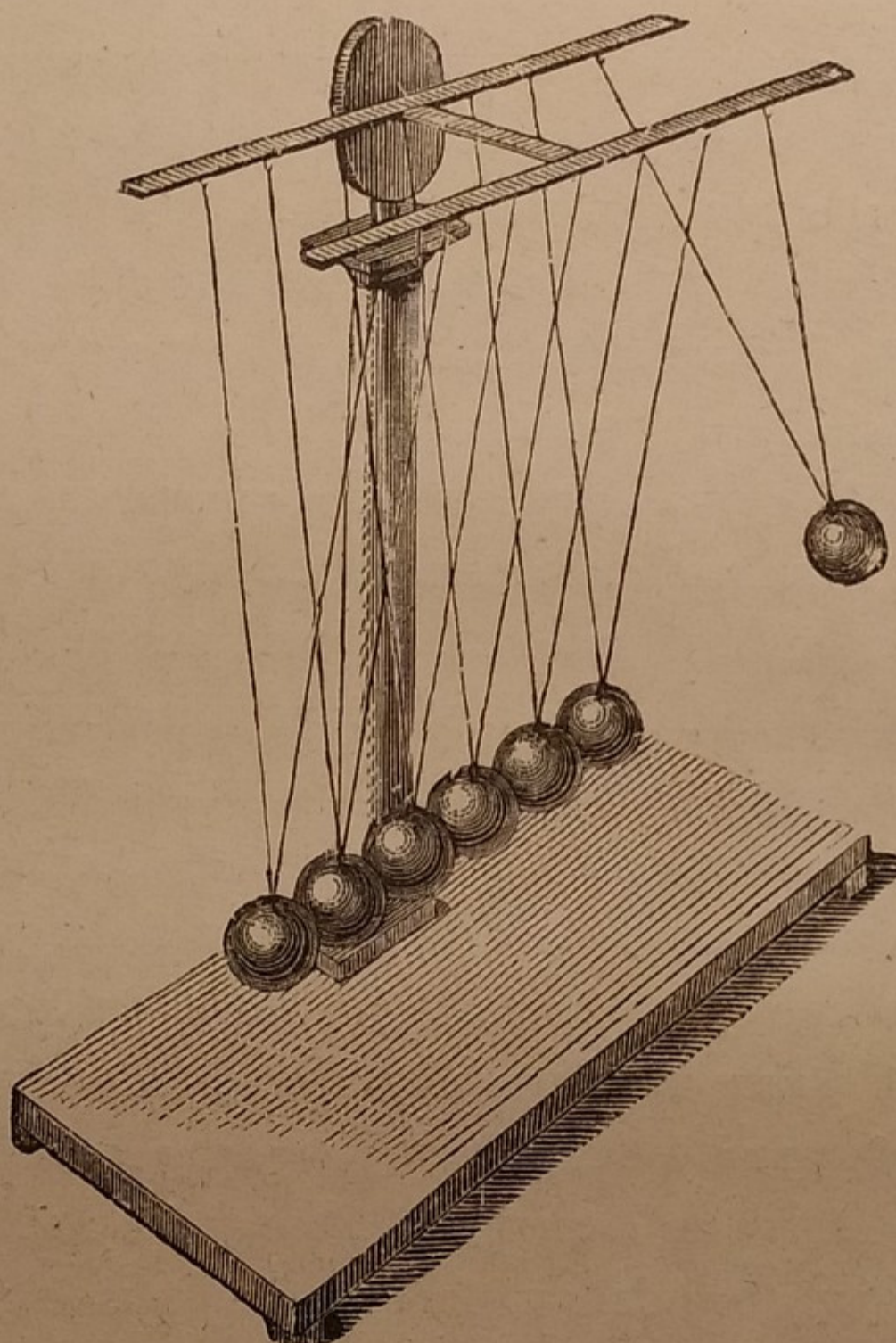


Fig. 56. Urto dei corpi elastici.

è semplicemente un movimento delle particelle materiali dei corpi.

La trasmissione del moto, su cui si fonda appunto il suono, si può rendere evidente con un semplice apparecchio, che si adopera specialmente nelle dimostrazioni dei fenomeni dell'urto dei corpi elastici. Abbiansi alcune sfere (fig. 56), per esempio di avorio, di egual volume, appese con fili in modo che i loro centri siano sopra una retta orizzontale, e successivamente si

tocchino. Se alziamo l'ultima sfera, per esempio quella di destra e la lasciamo poi cadere, la sfera stessa e le successive sino all'ultima non si muovono apparentemente: l'estrema di sinistra invece si allontana dalla penultima, si alza e descrive un arco eguale all'incirca a quello per cui è stata sollevata la prima sfera, e poi ricade facendo di nuovo salire la prima di altrettanto, e così di seguito, sino a che la resistenza dell'aria e delle sfere intermedie non ha sottratto tutta l'energia che era stata impressa primitivamente alla prima sfera col sollevarla.

Abbiamo detto che in questo sperimento le sfere intermedie apparentemente non si muovono: in realtà subiscono un mutamento di forma, invisibile all'osservatore, ma che pure è dimostrato dalla trasmissione del movimento: ogni sfera si comprime e poi si dilata, comunicando il suo movimento alla successiva, cosicchè opera semplicemente come mezzo elastico, come il veicolo del movimento. In egual modo si propaga quella forma di movimento che noi percepiamo come suono.

Aggiungiamo ancora che questo moto vibratorio rettilineo che abbiamo considerato nella molecola *A* può essere *longitudinale* o *trasversale*, cioè può farsi nella direzione secondo cui esso si propaga alle altre molecole o nella direzione a questa perpendicolare: una corda strofinata nel senso della lunghezza ci dà esempio della prima maniera di vibrazione, mentre la corda strofinata nel senso del diametro, per esempio con un archetto, ci fa vedere la seconda maniera. Non è che nei solidi che il moto sonoro può presentarsi in questi due modi: nei liquidi e nei gas è solo longitudinale.

Da ciò risulta che per la sensazione del suono non basta che un corpo vibri, ma è necessario che tra il corpo sonoro e l'organo dell'udito vi sia una sostanza elastica non interrotta capace di trasmettere all'orecchio le vibrazioni del corpo: quindi *il suono non si propaga nel vuoto*. Ciò si dimostra sperimentalmente ponendo sotto il recipiente della macchina pneumatica una soneria da orologio (fig. 57); fatto il vuoto nella macchina pneumatica, non si ode più il suono, sebbene il martello batta i suoi colpi. Bisogna avere la precauzione di porre la soneria

non direttamente sul piatto della macchina, perchè in tal caso il suono si trasmetterebbe al piatto, e da questo all'aria esterna: però si poggia la soneria sopra un cuscino di cotone o di lana, o di altro corpo poco elastico, e quindi poco conduttore del suono. Un altro esperimento semplicissimo è quello di sospendere un campanello in un globo di vetro in cui si è fatto il vuoto: per quanto si agiti il campanello, non si ode alcun suono.

Nelle circostanze ordinarie l'aria è il veicolo del suono, onde conviene cominciare da questa lo studio della propagazione del suono. Immaginiamo un cilindro di lunghezza indefinita, pieno di aria, ad una estremità del quale sia una laminetta *A* (fig. 58), che vibri nel senso della colonna d'aria contenuta nel cilindro; siano *A* e *B* le due posizioni estreme che prende la laminetta: la lunghezza *AB* sarà pertanto l'ampiezza di vibrazione. Ora sia *t* il tempo che la lamina impiega ad andare da *A* sino in *B*: in questo tempo l'aria della colonna vien spinta innanzi dalla laminetta. Ove l'aria fosse incomprensibile, tutta l'aria contenuta nel cilindro si sposterebbe in massa di una quantità pari alla lunghezza *AB*: ma siccome l'aria è compressibile, la

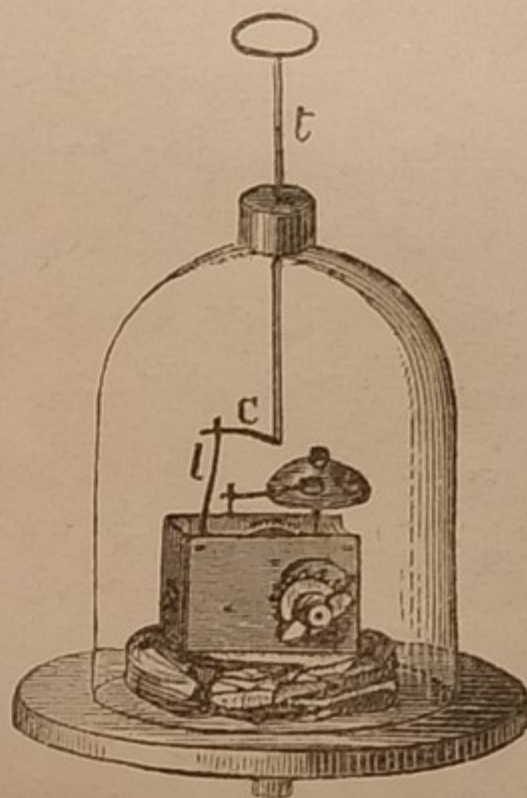


Fig. 57.
Il suono nel vuoto.

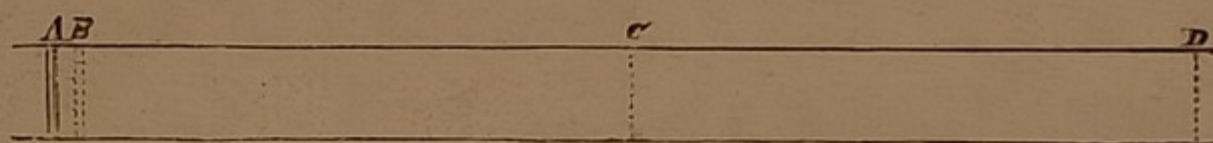


Fig. 58.

spinta ricevuta dal primo strato d'aria si comunica ai successivi non immediatamente ma a poco a poco, passando successivamente agli strati più lontani: ora nel tempo *t* questo moto si propagherà nella colonna per un certo tratto, per esempio *AC*, e alla fine di questo tempo lo strato *C* è ancor fermo, ma sta per mettersi in moto: pertanto lo strato di aria *AC* si trova compresso e diminuito del volume *AB*, cioè lo spazio percorso

dalla laminetta. Ora lo strato AC così compresso tende a ridistendersi, e preme contro lo strato C e il resto della colonna nello stesso modo che farebbe la laminetta se si trovasse in C. Quindi mentre passa un secondo tempo t , la laminetta ritorna in A, e il moto nella colonna progredisce di un tratto CD eguale ad AC, perchè avviene come se in C agisse la laminetta stessa progredendo da C verso D. Quindi dopo due tempi t il moto si è propagato da A in D; lo strato D non è ancora in moto, ma sta per mettersi; la laminetta è di nuovo in A ed è terminata una vibrazione. Intanto lo strato AC si è rarefatto, perchè oltre al suo volume primitivo AC ha un aumento di volume verso D eguale ad AB per la espansione succeduta alla compressione, invece lo strato CD è compresso ed ha un volume minore di quello di prima perchè è diminuito del tratto AB, appunto come succedeva dello strato AC quando era compresso. Mentre passa un terzo tempo t succede la stessa serie di fenomeni: si ricondensa lo strato AC, si rarefa lo strato CD, e si condensa un terzo strato eguale a questi, per la forza elastica acquistata dallo strato CD per la compressione; passando un quarto tempo si rarefa di nuovo lo strato AC, si ricondensa lo strato CD, si rarefa il terzo strato e se ne condensa un quarto eguale ai primi, mentre la laminetta è di nuovo in A.

Riesce ora agevole vedere come si propaghi il suono nell'aria: basta per questo immaginare la superficie del corpo sonoro scomposta in un grandissimo numero di elementi piccolissimi che vibrino tutti in egual modo e in egual tempo, e che tutti formino la base di una colonna d'aria; tutte queste colonne occupano l'intero spazio intorno al corpo sonoro, e siccome le lunghezze AC, CD, ecc., che abbiamo veduto corrispondere ad una mezza vibrazione della lamina, sono eguali in tutte le colonne, la riunione di tutti gli strati in C forma una superficie che è quella cui arriva il moto, cioè il suono, alla fine del primo tempo t ; la riunione di tutti gli strati D forma un'altra superficie, che è quella cui arriva il suono, dopo un secondo tempo t e così di seguito. Per tal modo si generano nell'aria tanti strati e superfici sferiche che hanno per centro il corpo sonoro stesso.

È evidente da quanto abbiamo detto che l'aria non si sposta in massa per trasmettere il suono: essa si divide in strati che si condensano e si rarefanno continuamente e alternatamente in modo che mentre uno si rarefa i due laterali si condensano.

Si chiama *onda sonora* la serie delle dilatazioni e delle condensazioni che corrispondono ad una *vibrazione intera* della lamina, cioè il movimento da A a B e da B ad A: si chiama poi *lunghezza d'onda* lo spazio AE su cui sono distribuite queste dilatazioni, ossia, in altre parole, il cammino che fa il suono durante una vibrazione intera. Si chiama *superficie d'onda* la superficie formata dal complesso dei punti che ricevono il moto nello stesso istante e sono quindi sempre nella stessa fase di vibrazione. In un mezzo omogeneo tali superfici sono sferiche. Ogni direzione normale alla superficie d'onda e secondo cui questa si propaga, vien detta *raggio sonoro*.

Si può determinare facilmente la lunghezza d'onda allorché si conoscono la velocità del suono e il numero delle vibrazioni fatte da un corpo sonoro in un secondo: per questo basta dividere la velocità del suono (cioè il cammino fatto del suono in un secondo in un dato mezzo) pel numero delle vibrazioni intere fatte da quel corpo pur in un secondo. Così supponiamo che un corpo faccia 100 vibrazioni intere al secondo e il suono si propaghi nell'aria alla temperatura di 0°: siccome in tali condizioni il suono percorre 333 metri al secondo, noi avremo in tale lunghezza 100 onde, di cui ognuna avrà la lunghezza di metri 3.33.

Nelle circostanze ordinarie, abbiamo detto, l'aria è il veicolo del suono, ma questo si propaga anche attraverso a qualunque gas; così pure nei liquidi e nei solidi, come dimostra il fatto che un uomo sotto all'acqua ode benissimo i rumori esterni, e pei solidi lo stesso sperimento che abbiamo riferito per provare che il suono non si propaga nel vuoto: se non si mette il cuscino sotto alla soneria si distingue il suono per quanto sia rarefatta l'aria, ciò che dimostra che esso si propaga attraverso alle pareti solide; così pure se si mette un campanello in un globo chiuso pieno d'aria le vibrazioni si trasmettono

dall'aria interna all'esterna mercè le pareti solide del globo; per questo motivo in una stanza chiusa si odono i rumori prodotti in una stanza vicina.

Il suono non si propaga istantaneamente, ma impiega invece per ciò un tempo apprezzabilissimo, come ha riconosciuto chiunque abbia osservato da una certa distanza lo sparo di un'arma da fuoco: prima si vede il bagliore della fiamma, e in seguito, dopo un tempo maggiore o minore, si ode lo scoppio. L'osservazione comune ci insegna pure che la velocità del suono è la stessa per tutti i suoni, acuti o gravi, e di qualunque natura essi siano: così la distanza non altera il suono di un pezzo di musica, ciò che avverrebbe certamente ove i diversi suoni non ci giungessero all'orecchio tutti contemporaneamente.

La determinazione della velocità del suono è un problema di alta importanza per l'acustica, e furono fatti per questo scopo molti esperimenti. Il metodo diretto è quello che dà i risultati più precisi, e per questo due osservatori si collocano ad una certa distanza, e poi uno di essi spara un cannone, misurando l'intervallo di tempo che passa fra l'istante in cui si vede la fiamma e quello in cui si ode il rumore, si ha il tempo impiegato dal suono a percorrere la distanza fra i due osservatori, e dividendo il tempo così trovato per la distanza stessa, si ha la velocità del suono. In vero il tempo impiegato dalla luce a percorrere una distanza come quella a cui si ode il suono è perfettamente trascurabile.

Gli esperimenti acuratissimi fatti a Parigi sul principio del corrente secolo dimostrarono che la velocità del suono nell'aria è costante per qualunque direzione se non vi è perturbazione a cagione del vento e che per una stessa temperatura è costante per qualunque intensità e acutezza del suono. Invece la velocità varia al variare della temperatura. Per la temperatura ordinaria di 12 a 15 gradi la velocità del suono è di circa 340 metri, diminuendo la temperatura diminuisce pure la velocità del suono, e a 0 gradi non è che di 333 metri. All'incontro la pressione atmosferica non ha alcuna influenza.

La velocità del suono nei vari gas si può misurare con mezzi

indiretti o teoricamente con formole: nei gas essa diminuisce al crescere della densità: così nell'acido carbonico è solo di metri 261, nell'idrogeno invece di metri 1269.

La velocità del suono nell'acqua fu determinata direttamente con una serie di esperimenti istituiti nel 1827 nel lago di Ginevra: per questo scopo si produceva un rumore sotto all'acqua in un punto del lago e si ascoltava in un altro punto a distanza nota, e poi si misurava il tempo trascorso dall'istante in cui era prodotto il suono a quello a cui era udito. Per tal modo fu riconosciuto che la velocità del suono nell'acqua alla temperatura di 8 gradi è di metri 1435, cioè quattro volte e mezzo circa quella che ha nell'aria. La velocità del suono negli altri liquidi si misura teoricamente con formole, a parità di altre circostanze la velocità del suono è minore nei liquidi in cui la densità è maggiore.

Nei solidi la velocità del suono è ancora maggiore che non nei liquidi, e anche qui fu determinata direttamente in alcuni corpi, e per altri si determina col calcolo.

La misura diretta venne fatta sui tubi di ghisa degli acquedotti di Parigi, sopra una lunghezza di oltre a 900 metri: qui la velocità risultò pari a 10 volte circa quella del suono nell'aria. Un altro metodo per la misura diretta del suono nei solidi si è quello di stirarli in lunghi fili e a questo scopo furono utilizzate le linee telegrafiche. In generale nei solidi la velocità del suono è di 10 a 16 volte maggiore che nell'aria.

Due suoni si possono distinguere fra loro per l'*intensità*. L'intensità del suono è la forza del movimento che genera il suono, o rispetto a noi, è l'energia e la vivezza della sensazione sonora: essa non dipende dal numero delle vibrazioni, cioè dall'*altezza* del suono, ma bensì dalla ampiezza delle vibrazioni stesse.

Nell'aria l'intensità di un suono dipende dalla superficie del corpo sonoro, giacchè è evidente che quanto maggiore è questa tanto più numerose sono le molecole dell'aria messe in movimento, e che vengono ad agire sul nostro orecchio: da ciò l'uso delle casse rinforzanti su cui si mettono i diapason, le corde

e altri strumenti musicali da cui si richiedono suoni molto intensi. La natura del mezzo trasmettitore influisce pure sull'intensità del suono. Così nell'aria l'intensità cresce al crescere della densità dell'aria, come si può provare ponendo una suoneria sotto alla campana della macchina pneumatica: a misura che si rarefa l'aria il suono si va facendo sempre più debole, mentre torna ad udirsi sempre meglio a misura che si lascia entrare l'aria. Per lo stesso motivo sulle alte montagne, dove l'aria è più rarefatta che non al piano, si sentono assai meno i suoni.

L'intensità varia pure colla distanza dal corpo sonoro, e *varia in ragione inversa del quadrato della distanza*. Così perchè un suono udito da una distanza doppia di un altro produca una sensazione eguale al secondo, bisogna che abbia una intensità non già doppia, ma bensì quattro volte maggiore; se la distanza fosse tripla quel suono dovrebbe essere nove volte più intenso, e così di seguito. Sperimentalmente si prova questa legge ponendo dei corpi che diano un egual suono, per esempio tanti campanelli eguali, a distanze successive che stiano fra loro come 1, 2, 3, ecc.; si riconosce in questo caso che per provare sensazioni eguali il numero dei campanelli deve crescere come i quadrati di 2, 3, ecc.

Questa legge è una conseguenza del modo di propagazione del suono nell'aria; siccome, secondochè già vedemmo, il suono si propaga in una serie di superfici sferiche che hanno per centro comune il corpo sonoro, sopra una di queste superfici il suono avrà una certa intensità, sopra un'altra superficie concentrica più estesa il suono sarà per ciascun punto di essa superficie minore, poichè la quantità di suono che fa vibrare le molecole di questa superficie è la stessa. Pertanto la intensità del suono è in ragione inversa dell'area della superficie sferica su cui si propaga; siccome le superfici sferiche sono proporzionali ai quadrati dei raggi, così anche il suono sarà inversamente proporzionale al quadrato della distanza del corpo sonoro.

Questa legge si applica solo quando il suono si propaga in

un mezzo omogeneo, quale è l'aria nelle circostanze ordinarie: un mutamento nella densità e il vento fanno mutare più o meno il modo di propagazione. Così pure questa legge nel caso che il suono si propaghi sfericamente in un tubo cilindrico non si verifica più, perchè in questo caso ogni superficie successivamente vibrante è sempre eguale alla sezione del tubo, e quindi il suono rimane costante a qualunque distanza dal punto sonoro. Ciò avverrebbe realmente quando le pareti del tubo fossero assolutamente impenetrabili al suono, ciò che non si può mai realizzare: ma facendole di sostanza poco elastica si è osservato che l'intensità del suono diminuisce poco rapidamente colla distanza.

Su questo principio sono fondati i *portavoce*, cioè quei tubi che mettono in comunicazione due stanze poste anche a qualche distanza, e per mezzo dei quali si può comunicare senza



Fig. 59. Corno acustico.

alzar troppo la voce, perchè il suono rimane quasi costante dall'una all'altra estremità del tubo. Se il tubo fosse conico divergente, la quantità di suono andrebbe scemando colla distanza perchè l'aria di ogni sezione successiva cresce; se invece il tubo fosse conico convergente la quantità di suono andrebbe crescendo giacchè le sezioni successive vanno diminuendo. Su questo principio è fondata il *cornetto acustico* (fig. 59), adoperato da coloro che hanno l'udito ottuso: l'estremità più sottile del tubo viene introdotta nell'orecchio, cui i suoni prodotti davanti al padiglione giungono molto rinforzati.

Come abbiamo detto ripetutamente, in un mezzo omogeneo, come è l'atmosfera, il suono si propaga dal corpo sonoro in una serie di onde in forma di sfere concentriche, ma quando incontra un ostacolo, la cosa va altrimenti: l'ostacolo resistente entra in vibrazione in parte e propaga il suono dietro a sè

stesso, ma un'altra parte dell'onda sonora è respinta a quel modo che una superficie tersa respinge un raggio luminoso che vi batte: questo fenomeno costituisce la *riflessione* del suono. La riflessione delle onde sonore si può imitare rendendola sensibile all'occhio. Così in un'acqua stagnante il moto vibratorio prodotto da un urto, per esempio, dalla caduta di una pietra, si propaga per onde circolari sino alla riva, e poi torna indietro riflettendosi.

In questa proprietà del suono di riflettersi a modo di un corpo elastico hanno la loro spiegazione i fenomeni così comuni dell'eco e del sentire meglio in un luogo chiuso che in un luogo aperto.

L'esperienza dimostra che non si può in generale pronunziare e intendere distintamente una sillaba in meno di $\frac{1}{10}$ di secondo. Ora in tale tempo il suono percorre 34 metri, poichè la velocità del suono nell'aria è circa 340 metri al secondo: quindi chi parla rivolto verso una parete, se è alla distanza di 17 metri da essa, appena pronunciata una sillaba la ode ripetuta, cioè riflessa dalla parete, giacchè, mentre esso dice la seconda metà della sillaba, la prima è già di ritorno ed arriva all'orecchio appunto quando esso ha finito di pronunziare: questo fenomeno prende il nome di *eco*. Se chi parla si trova ad una distanza maggiore di 17 metri dal riflettore, pronunciata una sillaba, la udrà riflessa dopo un certo tempo proporzionato all'aumento di distanza: onde se la distanza è di 34 metri, 51 metri, 68 metri...., può dire 2, 3, 4.... sillabe, e udirle riflesse tutte distintamente. Da ciò gli *echi monosillabi, bisillabi, trisillabi*, ecc. — Se poi la distanza è minore di 17 metri, la voce riflessa si confonde colla diretta e si ha la *risonanza*. Per questo avviene che nei luoghi chiusi si sente meglio una voce che all'aperto, giacchè all'orecchio dell'uditore arrivano l'onda diretta e le onde riflesse quasi contemporaneamente, mentre all'aperto queste ultime non esistono.

Si distingue l'*eco monosillaba* e *polisillaba* dall'*eco semplice* e *polifona*: eco polifona è quella che riflette una stessa voce più volte di seguito ed avviene, per esempio, quando, trovandosi

due ostacoli riflettori di fronte, la voce si riflette dall'uno sull'altro alternatamente, come la fiamma di una candela tra due specchi posti di fronte l'uno all'altro.

Noi distinguiamo il suono *musicale dal rumore*, sebbene non vi sia differenza fra le manifestazioni delle vibrazioni sonore dei corpi, il primo eccita in noi una sensazione continuata, onde l'orecchio ne può apprezzare convenientemente il valore, mentre il rumore ha durata troppo breve. Inoltre nel suono si distinguono i suoni semplici di cui esso risulta, e si apprezza tra questi il preponderare del suono principale, mentre nei rumori questa preponderanza del suono fondamentale è molto meno sentita.

La laringe è organo produttore della voce, essa forma il principio della trachea. La laringe risulta di una impalcatura formata da parti cartilaginee mobili l'una rispetto all'altra per uno speciale sistema di muscoli per modo da poter variare le condizioni della uscita dell'aria per cui si produce la voce; a ciò specialmente concorrono i *legamenti della glottide*, che sono ripiegamenti della membrana che riveste internamente la laringe: queste ripiegature, che formano come due labbra tese e molto vicine fra loro, funzionano come corde sonore. L'aria viene spinta nella laringe dai polmoni attraverso alla trachea; la bocca poi opera come un risuonatore, che a motivo della mobilità delle sue parti è vario e molteplice.

Dell'organo uditivo dell'uomo e dei mammiferi, già abbiamo detto a lungo nel volume precedente, perciò ci limiteremo qui a richiamare alla memoria le cose principali; esso consta essenzialmente di un sacco membranoso complicato nella forma racchiudente un liquido, e contenuto in un osso del cranio detto *osso petroso*. Questo sacco membranoso consta di varie parti comunicanti fra loro, e dicesi labirinto. In esso si distinguono da prima una parte mediana, o *vestibolo*, dal quale si dipartono tre canaletti semicircolari, quindi alla parte opposta un prolungamento allungato e avvolto a spira, il quale forma ciò che si dice la *coelea*. I filetti del nervo dell'udito vanno a

portarsi nel labirinto membranoso, e specialmente nella coclea; le ondulazioni sonore dell'aria impresse al liquido contenuto fanno oscillare questi filetti, e così producono la sensazione. La via ordinaria di trasmissione delle ondulazioni sonore esterne è quella del padiglione, del condotto uditivo, e della serie di ossicini mobili; ma del resto questa trasmissione si fa anche direttamente per le parti dure del capo che sono in continuità coll'osso petroso, come si può verificare posando il capo su di un cembalo risuonante, e chiudendo nel medesimo tempo le aperture delle orecchie.

VI. — Effetti generali del calore. — Diversi modi di propagazione del calore. Termometro. — Cambiamento di stato dei corpi. — Idea di una macchina a vapore. — Venti e meteore acquee.

A tutti sono note le impressioni di freddo e di caldo che inducono in noi i varî corpi. La causa determinante di queste impressioni prende il nome di *calore*.

Il calore è un agente universale della massima importanza e necessario all'esistenza degli esseri organizzati, vegetali ed animali: esso inoltre è l'agente primo di un numero grandissimo di fenomeni nella materia inorganica.

Molto si è discusso intorno alla natura del calore. Per un lungo tempo si è creduto che il calore fosse un *fluido imponderabile* il quale penetrasse negli intervalli esistenti fra le molecole dei corpi senza produrre in questi un aumento di peso. Che il calore non faccia aumentare il peso di un corpo si può facilmente vedere con uno sperimento semplicissimo. Si pesi con cura una palla di ferro, poi la si faccia arroventare, e quindi la si ripesi. Si vedrà che il peso della palla non avrà menomamente variato.

I fisici moderni hanno abbandonato interamente il concetto del fluido calorifico imponderabile ed ammettono che i fenomeni termici non siano altra cosa che una forma di *movimento*. La teoria sopra menzionata del *fluido imponderabile* si chiama la

teoria *materiale* del calore; l'altra vien detta la teoria *dinamica* o *meccanica* del calore. Quella parte della fisica che studia il calore vien detta *termologia*.

I corpi si riscaldano e si raffreddano con molta facilità tanto che lo stato termico dei corpi varia continuamente. I corpi caldi mandano calore in tutti i sensi e questo calore può venire preso dai corpi freddi che sono vicini ad essi.

Si è visto sopra che se si arroventa una palla di ferro questa non aumenta di peso. La palla tuttavia nel riscaldarsi subisce un cambiamento notevole: essa aumenta di volume, cioè si *dilata*. La palla raffreddandosi ritorna al volume di prima. Ciò si può agevolmente dimostrare sperimentalmente coll'anello di Gravesande. Esso consiste, come mostra la fig. 60 qui unita, in un anello sostenuto da un piede e una sfera di metallo aventi a un dipresso lo stesso diametro. La sfera può, alla temperatura ordinaria, passare attraverso all'anello; ma se viene riscaldata, ponendola, ad esempio, sopra una fiamma ad alcool o a gas e poi viene collocata sopra all'anello, essa non passa più per l'anello stesso poichè il suo volume è aumentato, poichè essa si è dilatata. Lasciando la sfera nell'anello, quando sia ritornata alla temperatura di prima cadrà attraversandolo come prima.

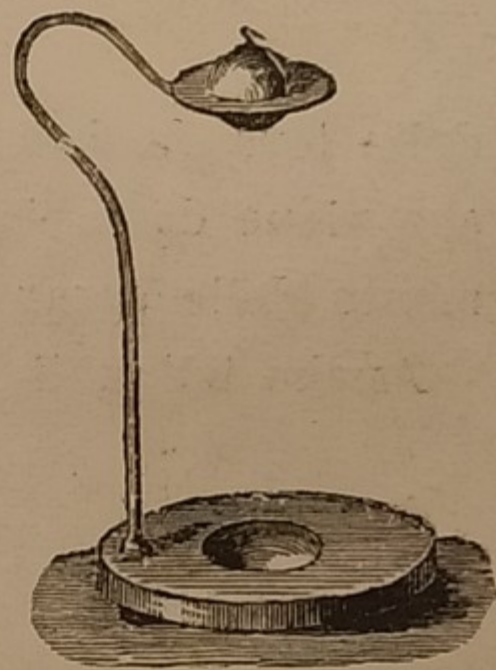


Fig. 60. Dilatazione cubica dei solidi.

Tutti i corpi, siano essi solidi, o liquidi, o aeriformi, riscaldati si dilatano: vale a dire aumentano di volume. I corpi più dilatabili sono i gas: poi vengono i liquidi, e poi i solidi. Pei corpi solidi si studiò la dilatazione *lineare* che ha luogo secondo una sola direzione; la dilatazione *superficiale*, la quale ha luogo secondo due dimensioni, e la dilatazione *cubica* che ha luogo secondo tre dimensioni. Lo sperimento sopra descritto ci dà un'idea della dilatazione cubica.

Per studiare la dilatazione lineare si fa uso di un apparecchio assai semplice. Si riduce il corpo di cui si vuol studiare

la dilatazione lineare in forma di spranga (fig. 61, *m, m*) che si colloca orizzontalmente sopra due sostegni *m m*. Uno dei suoi capi, quello a destra, è fisso sul sostegno, l'altro è libero e scorrevole e si appoggia sul braccio corto di una leva an-

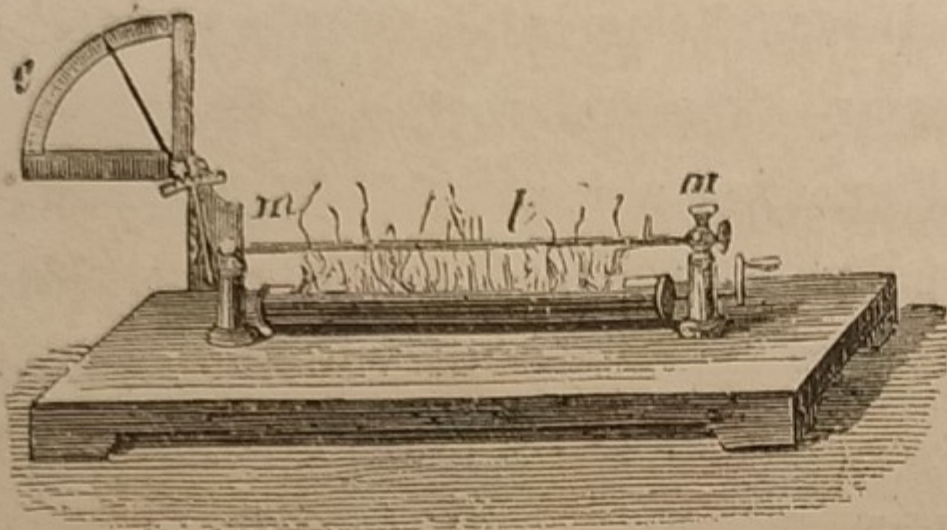


Fig. 61. Dilatazione lineare dei solidi.

golare, il braccio più lungo della quale scorre sopra al quadrante. Si accende al disotto della spranga dell'alcool in un lungo vaso. A misura che la spranga si riscalda essa si allunga pel suo capo libero; questo spingendo il braccio corto

della leva fa descrivere sul quadrante al braccio più lungo, che viene detto *indice*, degli archi proporzionali all'allungamento della spranga stessa.

Anche i liquidi, come si è detto, si dilatano sotto l'azione del

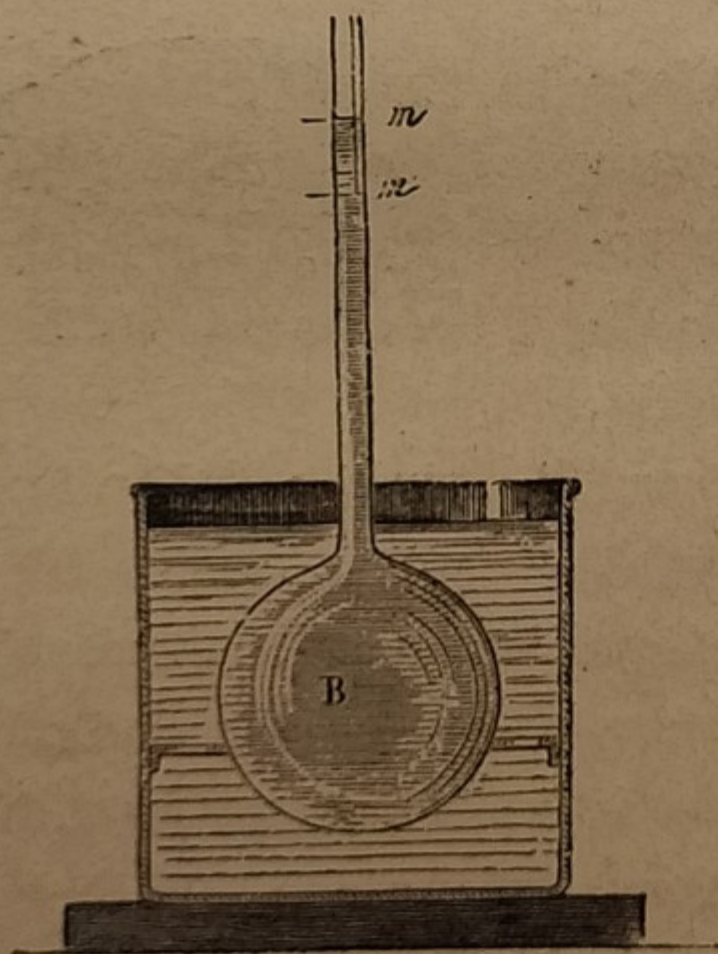


Fig. 62. Dilatazione dei liquidi.

calore. Si prova ciò facilmente prendendo un recipiente sferico terminato da un lungo collo sottile. Nel recipiente si mette un liquido, acqua, alcool, etere, ecc., in modo che il livello venga ad essere in *m* (fig. 62); poscia si immerge il recipiente nell'acqua calda: dapprima il livello del li-

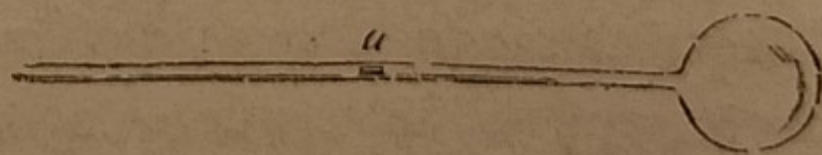


Fig. 63. Dilatazione dei gas.

quido scende in *m'*, poi risale e in breve si alza tanto da uscire anche fuori dal tubo.

Per studiare la dilatazione dei gas si usa un apparecchio analogo a quello ora descritto; soltanto il recipiente è pieno

di aria e nel tubo allungato e sottile si introduce un piccolo indice (fig. 63) *a* di mercurio. Basta scaldare colla mano il recipiente per vedere che l'indice risale verso l'estremità aperta del tubo. Ciò prova non solo che i gas si dilatano, ma anche che la loro dilatabilità è molto grande.

Il calore si propaga in due maniere: nella massa stessa dei corpi lentamente, e da corpo a corpo, rapidamente, ad enormi distanze. Si chiama *calore condotto* quello che viene trasmesso nella prima maniera, e *calore raggiante* quello che viene trasmesso nella seconda. Noi possiamo con alcuni esperimenti semplicissimi farci una idea di queste due maniere di propagazione del calore.

Se riscaldiamo una estremità di una sbarra di ferro vediamo che a poco a poco tutta la sbarra si riscalda; se versiamo un po' d'acqua calda sul fondo di un vaso, vediamo che a poco a poco anche gli orli del vaso si riscaldano. Ciò vuol dire che il calore si è propagato di molecola in molecola nell'interno di quel corpo.

Una palla di ferro arroventata e portata in una stanza ci darà un'idea del calore raggiante. Noi avvertiamo la presenza della palla mediante la sensazione di calore che giunge al nostro corpo e che emana a distanza dalla sfera. Il calore in questo caso si propaga in forma di raggi come la luce e con rapidità grandissima. Si è sotto forma di *calore raggiante* che ci giunge il calore del sole.

Il calore raggiante si propaga anche nel vuoto. Il calore raggiante può anche attraversare certe sostanze senza esser da queste assorbito e senza riscaldarle, come ad esempio l'aria, il vetro, il ghiaccio, ecc., e in generale i corpi trasparenti. Si chiamano perciò sostanze *diatermiche* quelle che lasciano passare i raggi calorifici e *adiatermiche* quelle che non hanno questa proprietà.

Non sempre tuttavia i corpi trasparenti per la luce sono diatermici e viceversa; ad esempio la soluzione di jodio nel solfuro di carbonio ch'è opaca per la luce è invece perfettamente diatermica pei raggi di calore oscuro.

Le leggi del calore raggiante sono le stesse tanto pel calore oscuro quanto pel calore luminoso. La legge fondamentale della propagazione del calore raggiante si è che il *calore si propaga in linea retta*.

Il calore raggiante segue le stesse leggi della luce per quanto riguarda la riflessione, vale a dire: 1.^o *Il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale al punto di incidenza sono sullo stesso piano*. 2.^o *L'angolo di incidenza è eguale all'angolo di riflessione*.

Oltre al calore raggiante abbiamo, come già si è visto, il calore condotto, quello cioè che si propaga lentamente attraverso ai corpi da molecola a molecola con una velocità variabile secondo la natura dei corpi stessi.

I corpi solidi hanno varia attitudine al passaggio del calore condotto. Si può fare, per dimostrare ciò, il seguente esperimento. Si prendono due sbarre di eguali dimensioni: una di rame e l'altra di ferro, e si fissano con della cera su di esse ad eguale distanza le une dalle altre delle piccole palle di legno, poscia si riscaldano con una fiamma ad alcool le due estremità avvicinate delle sbarre. Il calore propagandosi per conducibilità fonde la cera che sostiene le palle e queste cadono a poco a poco le une dopo le altre. Si osserverà tuttavia che il numero delle palle cadute in un tempo determinato dalla sbarra di rame è maggiore di quello delle palle cadute nello stesso tempo dalla sbarra di ferro. Si conchiude da ciò: 1.^o che il rame ed il ferro sono corpi conduttori del calore; 2.^o che il rame è migliore conduttore del ferro. La fig. 64 mostra l'esperimento in discorso.

Per dimostrare meglio il diverso grado di conducibilità dei corpi citeremo un altro sperimento semplicissimo. Sopra un cilindro fatto metà di legno e metà di rame (fig. 65) si avvolge un foglio di carta, poi si fa passare e ripassare rapidamente il cilindro contro una fiamma. Osservando la carta dopo qualche istante si vedrà che la porzione del foglio di carta che ricopriva il legno è carbonizzata mentre quella che era sopra al rame è intatta. La ragione di ciò sta nel fatto che il metallo essendo eccellente conduttore del calore sottrae alla carta il

calore della fiamma non lasciandola abbruciare, il legno invece essendo cattivo conduttore del calore lascia tempo alla fiamma di abbruciare la carta.

Per la stessa ragione i metalli ci sembrano molto più freddi in inverno del legno e delle stoffe. La sensazione di caldo o di freddo che si ha toccando certi corpi è dovuta alla loro conducibilità. Se la loro temperatura è meno elevata di quella del nostro corpo ci sembrano più freddi di quello che siano realmente, perchè sottraggono rapidamente per la loro conducibilità il calore della mano. Se al contrario la loro temperatura è superiore a quella del nostro corpo essi ci sembrano più caldi di quello che sono realmente pel calore che ci trasmettono. Ciò si osserva in una spranga di ferro esposta al sole.

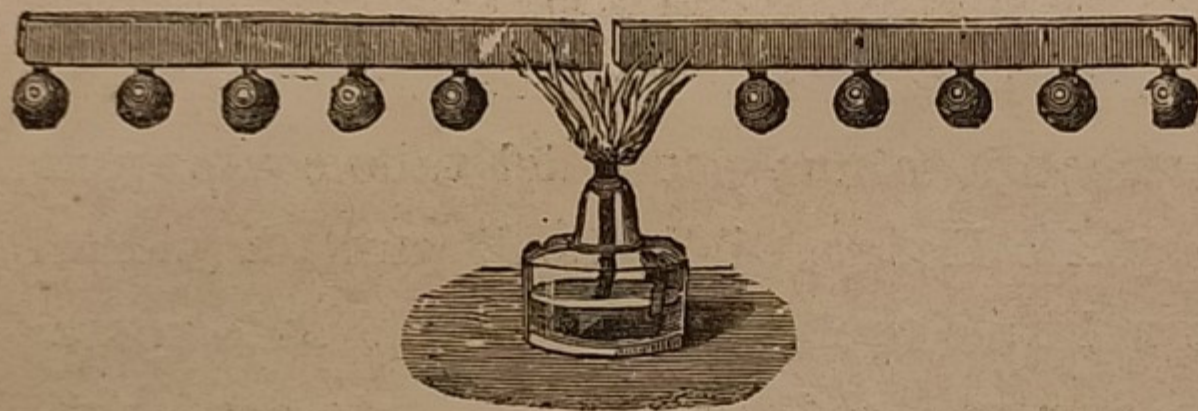


Fig. 64. Conducibilità.



Fig. 65. Conducibilità.

La conducibilità del calore nei liquidi è, fatta eccezione pel mercurio che è un metallo, molto debole. Nei gas la conducibilità è presso che nulla. Di questa proprietà dei gas l'uomo trae vario partito. Così ad esempio le vesti così dette calde tengono caldo poichè essendo di struttura spugnosa l'aria che ne riempie gli interstizi esistenti fra i varî fili impedisce al calore del corpo di disperdersi al di fuori. Nei paesi freddi si impedisce l'uscita del calore dalle finestre mediante due serie di vetri, i quali delimitano uno strato di aria, la quale è un cattivo conduttore del calore.

Analogamente per conservare del ghiaccio in estate è d'uopo di avvolgerlo entro a cotone e a grosse stoffe a pelo, affinchè il calore esterno sia impedito dall'aria imprigionata nella stoffa di giungere sino al ghiaccio.

Per poter studiare come si comporti il calore nei corpi è d'uopo avere una misura di esso.

La *temperatura* di un corpo è uno stato particolare di equilibrio nel quale il corpo nè perde nè acquista calore e al quale corrisponde un determinato volume del corpo stesso.

Per misurare le temperature ci gioviamo degli effetti che il calore produce sui corpi e precisamente del più generale, vale a dire della dilatazione, sulla quale sono fondati i principali istrumenti destinati a questo scopo, che hanno il nome di *termometri*.

Nella costruzione dei termometri si può far uso di sostanze solide, liquide, o aeriformi. Il termometro più adoperato è quello a mercurio o ad alcool.

Il termometro a mercurio o ad alcool è un piccolo vaso di vetro cilindrico o sferico che porta saldato superiormente un tubo stretto quasi capillare perfettamente cilindrico e calibrato, chiuso all'apice. Il serbatoio e una parte del tubo contengono del mercurio o dello spirito di vino, e il livello di questo liquido si innalza o si abbassa nel tubo capillare secondo che la temperatura del termometro aumenta o diminuisce. È stato convenuto che in tutti i termometri si segni zero a quel punto del tubo in cui il mercurio si ferma quando il termometro è immerso nel ghiaccio fondente, e che si segni cento nel punto a cui giunge il mercurio nel tubo quando si mette il termometro nell'acqua bollente alla pressione di 760 millimetri. Si divide poscia la capacità interna del tubo compresa fra zero e cento in 100 parti eguali e si prolunga la divisione al disopra del punto cento e al disotto del punto zero. Questa divisione si segna o sul tubo stesso o sopra una tavoletta di legno o di metallo messa sotto al tubo o in varie altre guise; la migliore è la prima. Ciascuna divisione viene detta *grado*.

Vi hanno numerose altre forme di termometri, sulle quali non ci tratteniamo.

Il dire, ad esempio, che la temperatura è di 25 gradi, significa che il termometro è in uno stato calorifico definito da questa condizione, vale a dire che il volume del mercurio si è

aumentato, a cominciare da zero, di 25 centesimi della sua dilatazione totale fra zero e cento (fig. 66).

Un grado centesimale è l'*unità di temperatura*, la quale adunque è la centesima parte della dilatazione del mercurio nel vetro dalla temperatura del ghiaccio fondente a quella dell'acqua bollente.

Non bisogna credere che col termometro a mercurio si possa misurare qualunque temperatura. Il mercurio si solidifica a 39 gradi sotto lo zero e bolle a 360 gradi sopra lo zero. Per misurare temperature più basse si impiega il termometro ad alcool. Per le temperature superiori si adoprano altri strumenti, i così detti *pirometri*.

I fisici sono oramai d'accordo nel riconoscere che fu Galileo il primo che costruì il termometro. Il termometro di Galileo era un termometro ad aria. Esso consisteva in una sfera di vetro saldata alla estremità di un tubo di vetro lungo e sottile, nel quale si introduceva un indice che col muoversi in un senso o nell'altro indicava i cambiamenti di temperatura.

Gli accademici del Cimento di Firenze costruirono i primi termometri ad alcool; Fahrenheit ed altri impiegarono poscia il mercurio invece dell'alcool. Si costruirono in seguito termometri di molte sorta e si seguirono molteplici maniere di graduazione. Per brevità non accenneremo qui che le tre principali graduazioni termometriche, le quali sono: la *scala centigrada*, la *scala di Réaumur* e la *scala di Fahrenheit*.

Della scala centigrada già si è detto. La scala di Réaumur differisce dalla prima solo in ciò che Réaumur divise l'intervallo fra il punto corrispondente al ghiaccio fondente e quello corrispondente all'acqua bollente in 80 parti. La scala di Fahrenheit ha ancora il punto fisso superiore, il quale corrisponde alla temperatura dell'acqua bollente; ma il punto fisso inferiore corrisponde al grado di freddo che si ottiene mescolando



Fig. 66.
Termo-
metro a
mercurio.

due quantità di sale ammoniaco e due di neve: l'intervallo fra questi due punti fissi è diviso in 212 gradi.

È facile, come si vede, ridurre i dati di queste due scale a gradi della scala centigrada che è quella che oggi è più generalmente usata. Infatti per avere in gradi centesimali i gradi Réaumur basta moltiplicare questi ultimi per $\frac{5}{4}$: viceversa per ridurre in gradi Réaumur i gradi centesimali basta moltiplicarli per $\frac{4}{5}$.

Per ridurre i gradi Fahrenheit in gradi centesimali basta sottrarre 32 e moltiplicare il resto per $\frac{5}{9}$: all'opposto, per ridurre i gradi centesimali in Fahrenheit bisogna aggiungerli.

Ecco in una semplicissima tavola i rapporti mutui di queste scale:

Réaumur	GRADI.	
	Celsius	Fahrenheit
1	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{9}$
$\frac{5}{4}$	1	$\frac{5}{9}$
$\frac{9}{4}$	$\frac{9}{5}$	1

La scienza possiede varie altre sorta di termometri, come i termometri metallici, e i termometri differenziali, i pirometri, ecc., che noi ora lasceremo in disparte dovendoci tenere in un campo assolutamente elementare.

Non soltanto il calore dilata i corpi e ne eleva la temperatura, ma può anche far cambiare lo stato dei corpi stessi. Riscaldando sufficientemente un corpo solido, questo, fondendo, passa allo stato liquido. Se si continua a riscaldare il liquido, questo a sua volta si dilata e poi passa allo stato di vapore o di gas.

Inversamente, raffreddando una data quantità di vapore o di gas questo passa allo stato liquido; e continuando il raffreddamento, il liquido passa allo stato solido.

Per convincersi di ciò si può osservare quello che succede

quando si scalda un pezzo di ghiaccio. Questo si riduce in acqua: continuando a riscaldare questa bollirà e si ridurrà in vapore. Se noi raccogliamo il vapore così prodotto in un recipiente molto freddo esso si condensa di nuovo in acqua: raffreddando sufficientemente quest' acqua, otterremo di nuovo del ghiaccio, vale a dire un corpo solido.

Il passaggio di un corpo solido allo stato liquido può farsi per due cause: o per l'azione del calore o per l'azione di un liquido che lo scioglie: in questo secondo caso l'azione fisica che si compie vien detta *soluzione*, mentre nel primo caso, cioè quando il corpo si liquefa sotto all'azione del calore, si ha la *fusion*.

La fusione è retta dalle leggi seguenti:

1.^o Le varie sostanze fondono ad una temperatura determinata, che vien detta *punto di fusione*.

2.^o Quando la fusione è incominciata, la temperatura del corpo solido non aumenta più e non può oltrepassare il punto di fusione.

Corrispondentemente la *solidificazione dei liquidi* è retta dalle leggi principali seguenti:

1.^o Il punto di solidificazione delle varie sostanze è fisso, ed è lo stesso che il punto di fusione.

2.^o La temperatura è invariabile durante il tempo della solidificazione.

Ecco ad esempio i punti di fusione di varie sostanze:

Mercurio	— 39° centigradi	Argento puro	1000 centigradi
Ghiaccio	0 "	Oro puro	1250 "
Burro	32 "	Ferro dolce	1500 "
Cera bianca	68 "		
Solfo	111 "		
Piombo	325 "		

Si osservi tuttavia che il punto di fusione di una sostanza può variare col variare della pressione. Così ad esempio il punto di fusione del ghiaccio si abbassa se si aumenta la pressione.

Si chiamano *infusibili* o *refrattarie* quelle sostanze che non si sono fino ad ora potute ridurre allo stato liquido. Il numero

di queste sostanze si è molto diminuito in questi ultimi tempi in seguito ai progressi della tecnica.

La seconda delle leggi di fusione sopra menzionate richiede qualche parola di spiegazione.

Se noi riscaldiamo, ad esempio, dello stagno entro ad un crogiuolo, esso non fonderà che allorquando la temperatura sarà salita a 325 gradi. Immergendo un termometro nello stagno noi vedremo che, quantunque si continui a riscaldare finchè dura la fusione, la temperatura non varia. Ora ci possiamo domandare dove va il calore che è continuamente fornito dalla sorgente calorifica e perchè esso non è avvertito dal termometro. I fisici ammettono che quel calore serva ad operare il cambiamento di stato del corpo, onde appunto vien detto *calore di fusione*.

Un altro esperimento semplicissimo può farci vedere l'esistenza del calore di fusione. Se si mescola un chilogrammo di acqua a 0 gradi con un chilogrammo d'acqua a 79° centigradi, si ha un miscuglio avente la temperatura di 39.5°. Se si mescola invece un chilogrammo di ghiaccio con un chilogrammo di acqua a 79° la temperatura del miscuglio non sarà più di 39.5°, ma bensì di 0° e ciò perchè essendo avvenuta la fusione del ghiaccio l'acqua a 79° dovette somministrare il calore necessario per la fusione stessa: ciò si esprime che il calore di fusione del ghiaccio è pari a 79 calorie.

La maggior parte dei liquidi conosciuti si riduce allo stato solido mercè un processo inverso della fusione che vien detto *solidificazione* o *congelamento*. Le leggi della solidificazione sono analoghe a quelle della fusione, cioè:

1.° La solidificazione si produce per ciascun corpo ad una temperatura fissa, la quale è quella della fusione del corpo stesso;

2.° Per tutto il tempo in cui dura la solidificazione del liquido la sua temperatura è costante.

La prima legge subisce alcune eccezioni, in quanto che alcuni liquidi possono esser portati ad una temperatura notevolmente inferiore a quella del congelamento senza che si solidi-

finchì: così ad esempio l'acqua se è ben pura, priva d'aria e in riposo può scendere fino a 20° sotto zero, che è il suo punto normale di congelazione, rimanendo allo stato liquido. Questo fenomeno vien detto *subliquefazione* o *sottofusione*, e non si verifica che in circostanze speciali.

Quando la solidificazione si compie lentamente e sotto a certe condizioni le sostanze prendono forme geometriche che vengon detti *cristalli*.

I corpi, nel passare dallo stato liquido allo stato solido, subiscono generalmente un notevole cambiamento di volume. Ciò si può agevolmente osservare nell'acqua, nella quale l'aumento di volume prodotto dalla congelazione è provato dal fatto che il ghiaccio galleggia.

La forza espansiva del ghiaccio è molto grande e si prova con molti esperimenti assai semplici. Se riempiamo interamente una bottiglia di vetro con acqua, la chiudiamo ermeticamente e fortemente e poi la facciamo gelare: la bottiglia si rompe e ciò in seguito all'aumento di volume avutosi nel mutamento di stato. Se invece di una bottiglia prendiamo un vaso di ferro, otterremo lo stesso risultato. Grosse bombe di ferro e grossi cannoni pieni d'acqua e chiusi ermeticamente ed esposti al freddo scoppiano pel congelamento dell'acqua. Durante l'inverno i tubi che conducono l'acqua nelle case scoppiano talvolta per la stessa ragione. La forza espansiva del ghiaccio rompe le rocce più dure ed è causa di molti fenomeni che si osservano nelle regioni montagnose e nelle regioni fredde.

Abbiamo detto sopra che il calore promuove il cambiamento di stato dei corpi, cioè da solidi li fa diventar liquidi, e da liquidi gasosi: il primo fatto è la fusione, il secondo si dice *vaporizzazione*.

La vaporizzazione si può compiere più o meno lentamente, e soltanto alla superficie del liquido: in questo caso si ha la *evaporazione*, che non richiede alta temperatura; ma se si riscalda un liquido, quando questo è giunto ad una determinata temperatura, esso non si evapora soltanto alla superficie, ma passa allo stato di gas o di vapore sotto forma di bollicine

che partono dalle pareti del vaso riscaldato e vengono, attraversando la massa del liquido, a rompersi alla superficie.

Questo fenomeno vien detto *ebullizione*.

L'ebullizione è retta da leggi analoghe a quelle che già abbiamo visto essere relative alla fusione, vale a dire:

1.^o La temperatura d'ebullizione di un liquido è sempre la stessa sotto la stessa pressione e in un vaso della stessa sostanza.

2.^o La temperatura del liquido rimane sempre la stessa durante tutto il tempo dell'ebullizione.

3.^o Il volume del vapore che si svolge dal liquido è enormemente maggiore di quello del liquido che lo ha prodotto.

Sotto la pressione di 760 millimetri l'acqua bolle a 100 gradi centesimali; l'alcool bolle a 79°; l'olio di lino bolle a 316°; il mercurio a 360°; il solfo a 400°.

Facendo variare la pressione si varia anche il punto di ebullizione.

La spiegazione che è stata data rispetto alla scomparsa apparente del calore nella fusione vale anche per la ebullizione; tutto il calore che si fornisce al liquido mentre bolle, e che non si rende sensibile al termometro, è impiegato a trasformare il liquido in gas, cioè a compiere un lavoro. Il calore così impiegato vien detto *calore di elasticità* e si misura in calorie come quello di fusione; il calore di elasticità dell'acqua è pari a 536 calorie per chilogrammo, cioè per far evaporare un chilogrammo d'acqua si richiede la quantità di calore necessaria per elevare di 1°536 chilogrammi d'acqua.

Quando un liquido si evapora spontaneamente senza che gli venga fornito calore, la temperatura del liquido e quella dei corpi vicini si abbassano. Si dice volgarmente che l'evaporazione produce freddo. È facile convincersi di ciò coll'immergere la mano nell'acqua tepida e coll'agitarla nell'aria, dopo di averla estratta: si sente in questo caso una impressione di freddo notevole, prodotta dall'acqua che si evapora rapidamente e che sottrae dalla mano il calore di cui abbisogna. Se invece dell'acqua adoperiamo l'etere o l'alcool, corpi molto

più volatili dell'acqua, la sensazione di freddo è molto più spiccata.

Sul freddo prodotto dall'evaporazione sono fondati varî sistemi di fabbricazione artificiale del ghiaccio e quei vasi chiamati *alcarazas*. Questi vasi sono fatti di terra porosa, la quale lascia filtrare facilmente l'acqua contenuta nel vaso. L'acqua uscita allo esterno del vaso si evapora continuamente producendo un abbassamento di temperatura che mantiene fresca l'acqua contenuta nel vaso stesso.

La sensazione di fresco che si sente in un bosco folto durante l'estate è dovuta alla evaporazione delle foglie o del suolo per lo più umido.

I liquidi passando allo stato di vapore o di gas aumentano enormemente il loro volume. L'acqua ad esempio dà un volume di vapore 1700 volte maggiore del suo.

I vapori come i gas hanno una forza elastica per mezzo della quale esercitano una pressione più o meno notevole sulle pareti dei vasi che li contengono. Ciò si può facilmente riconoscere nella maniera seguente: abbiasi un tubo di vetro aperto ad una estremità e chiuso all'altra, ed incurvato nel modo che mostra la fig. 67; lo si riempia sino a metà di mercurio e si faccia passare nel ramo più corto e chiuso un po' di etere. Poscia si immerga il tubo, per la sua parte ricurva entro un vaso contenente acqua a 40° o a 50°: si vedrà allora che il mercurio a poco a poco si abbassa in *a* e che sale in *c*. Ciò è prodotto dalla forza elastica del vapore che si è sviluppato in *a* e che preme sopra il mercurio. Se ora togliamo l'acqua calda e lasciamo raffreddare il tubo, il mercurio ritorna al posto di prima, poichè pel raffreddamento il vapore si condensa e ritorna allo stato liquido. La forza elastica dei vapori varia secondo i liquidi.

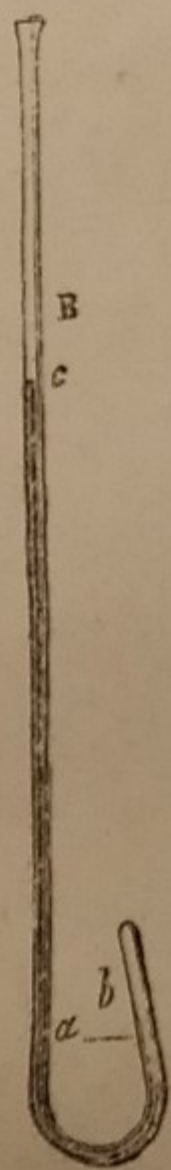


Fig. 67.
Forza
elastica
dei vapori.

Nelle leggi sopra menzionate riguardanti l'ebullizione si è

fatto cenno ripetutamente della pressione atmosferica come elemento determinante il punto di ebullizione dei liquidi. L'acqua infatti nel vuoto assoluto entrerebbe in ebullizione a 0 gradi ed anche a temperature inferiori. Per la stessa ragione il punto di ebullizione dell'acqua diminuisce a misura che facciamo bollire l'acqua ad altezze sul livello del mare a mano a mano crescenti. Sul Monte Bianco, ad esempio, l'acqua bolle a 84° circa. Il contrario accade se la pressione aumenta. In

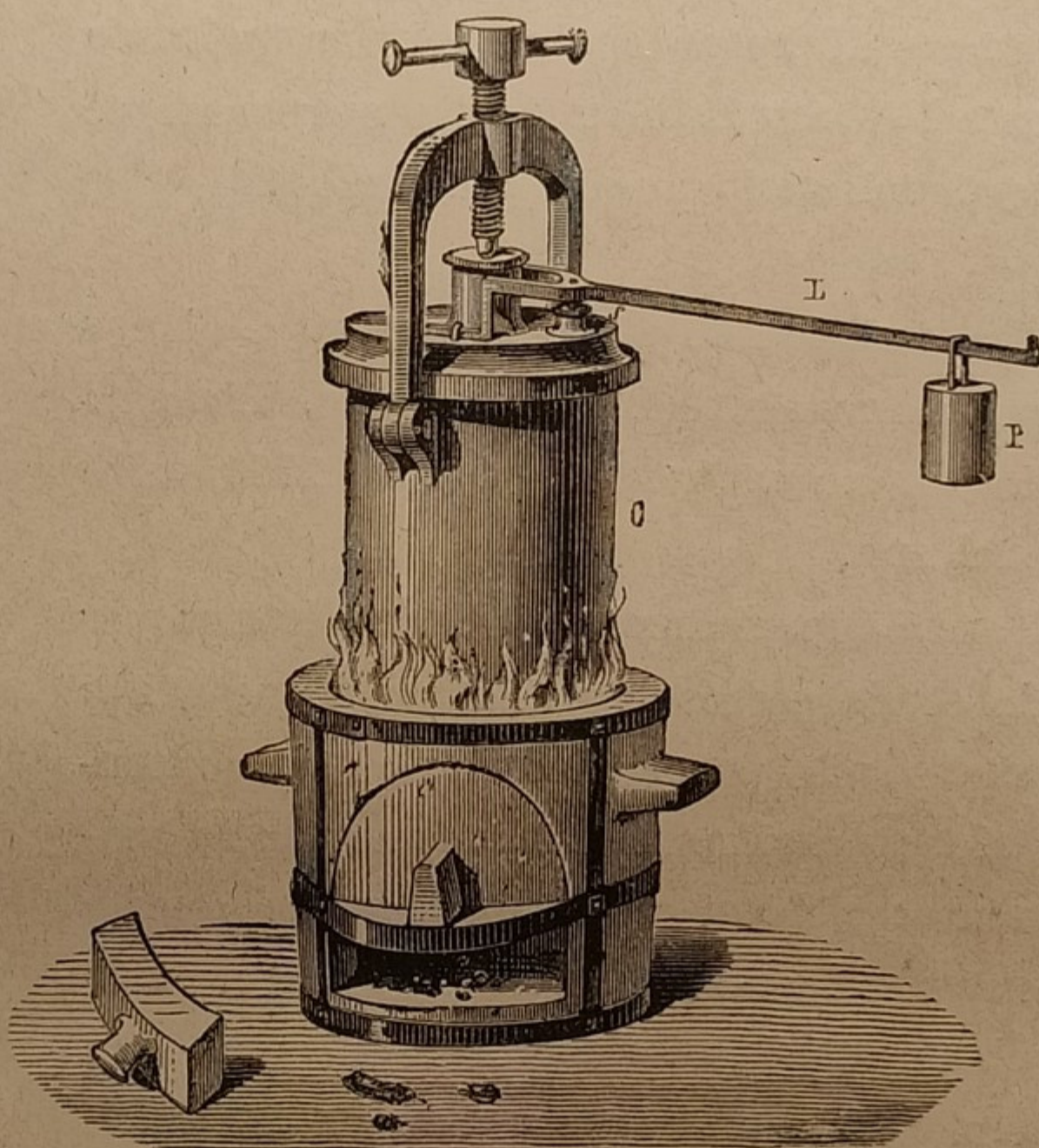


Fig. 68. Il digestore di Papin.

questo caso l'ebullizione è ritardata; così ad esempio l'acqua a due atmosfere di pressione non bolle che a 120°·6.

Tutto ciò che sino adesso è stato detto si riferisce ai vapori che si producono in uno spazio indefinito ove possono diffondersi liberamente. È utile che diciamo una parola della produzione del vapore in un vaso chiuso.

Facendo bollire dell'acqua in un vaso chiuso, per esempio, nell'apparecchio noto col nome di *pentola di Papin* (fisico fran-

cese, il quale per primo utilizzò la forza elastica del vapore acqueo) (fig. 68), non trovando i vapori che si producono veruna uscita, la loro tensione cresce continuamente colla temperatura, il che non può avvenire, come già sappiamo, in un vaso aperto. In un vaso chiuso tuttavia lo svolgimento rapido che costituisce l'ebullizione non può aver luogo.

Il Papin, come già dicemmo, per primo cercò di utilizzare la forza elastica del vapore acqueo: a quest'uopo trovò nel 1690, il seguente apparecchio il quale racchiude essenzialmente il principio sul quale sono fondate anche oggi le macchine a vapore.

Si ha un vaso metallico cilindrico (fig. 69) A, chiuso nella parte inferiore ed aperto nella parte superiore. Esso è attraversato da uno stantuffo H sostenuto da una corda che passa sopra due pulegge TT. Si mette in fondo al cilindro un po' di acqua, poi si fa scendere lo stantuffo sino al livello dell'acqua; l'aria che è nel cilindro fra lo stantuffo e l'acqua sfugge per un'apertura che viene chiusa poi da un'asta M. Poscia si riscalda al disotto il cilindro; il vapore che si svolge dall'acqua fa innal-

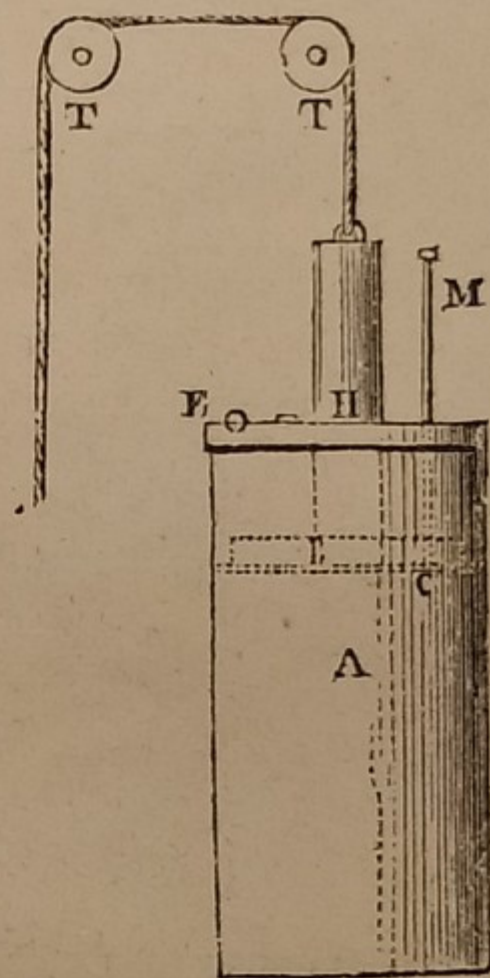


Fig. 69. Apparecchio di Papin.

zare lo stantuffo fino all'estremità superiore del cilindro. Togliendo ora il fuoco in modo che il cilindro si raffreddi, lo stantuffo ridiscende per opera della pressione atmosferica. Questo movimento di salita e di discesa dello stantuffo può servire a porre in moto l'asta di una tromba o a sollevare dei pesi.

Dopo il Papin, per opera principalmente di Giacomo Watt, di Stephenson, di Fulton e di altri, si giunse per mezzo di molteplici tentativi a perfezionare la scoperta di Papin in modo da avere i risultamenti che oggi tutti conoscono.

Le macchine a vapore constano di due parti distinte: di una parte cioè destinata a produrre il vapore e che dicesi *caldaia* o *generatore del vapore*, e della macchina propriamente detta.

La fig. 70 mostra la sezione longitudinale di un generatore di una macchina a vapore fissa. Esso consta di un cilindro di ferro A terminato da due calotte sferiche, in comunicazione con due cilindri più piccoli detti *bollitoi* B. Il focolare è in F. La fiamma circola intorno ai bollitoi ed al cilindro e poi si reca al camino C dove vi è una valvola *r* la quale regola l'aspirazione o la corrente d'aria. Al disopra della caldaia si osservano in *s* la valvola di sicurezza, in *n* l'indicatore del livello dell'acqua della caldaia, in *m* il manometro destinato a misurare la pressione, il fischietto, ecc.

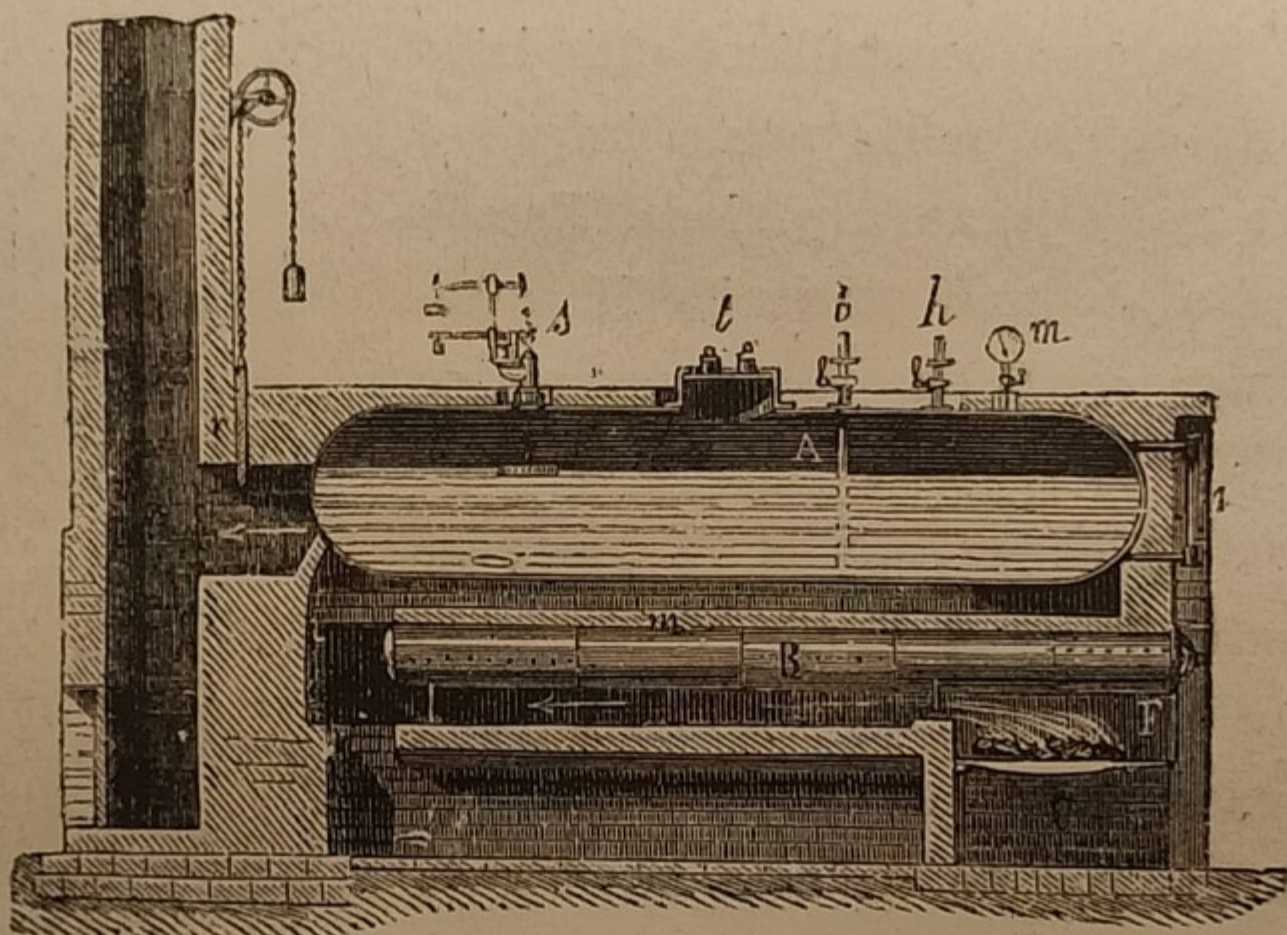


Fig. 70. Generatore e bollitoi.

Il vapore che si produce nella caldaia si accumula nella parte superiore A della caldaia di dove esce per un tubo per andare a produrre l'effetto utile. La caldaia è poi in comunicazione con un tubo il quale vi conduce l'acqua.

L'altra parte della macchina a vapore è molto più complessa ed è incaricata della distribuzione del vapore. Il vapore viene condotto in un cilindro di ferro nel quale si muove uno stantuffo, quivi per mezzo di un ingegnossissimo e complicato meccanismo esso opera simmetricamente ed alternatamente sulle due facce dello stantuffo facendolo sollevare ed abbassare; lo stantuffo è in comunicazione per mezzo di un'asta o di un

meccanismo speciale coll'asse di una ruota in modo che il suo movimento di va e vieni nel cilindro si trasforma nel movimento rotatorio della ruota.

Si sono fatte molte sorta di macchine a vapore secondo gli usi a cui debbono servire: esse sono essenzialmente costituite sui principî generali ora indicati. La fig. 71 mostra la sezione di una locomotiva, macchina, come è noto, disposta sopra un carro, la quale si sposta da sè stessa, trasmettendo il movimento alle ruote. In questa figura si può scorgere facilmente

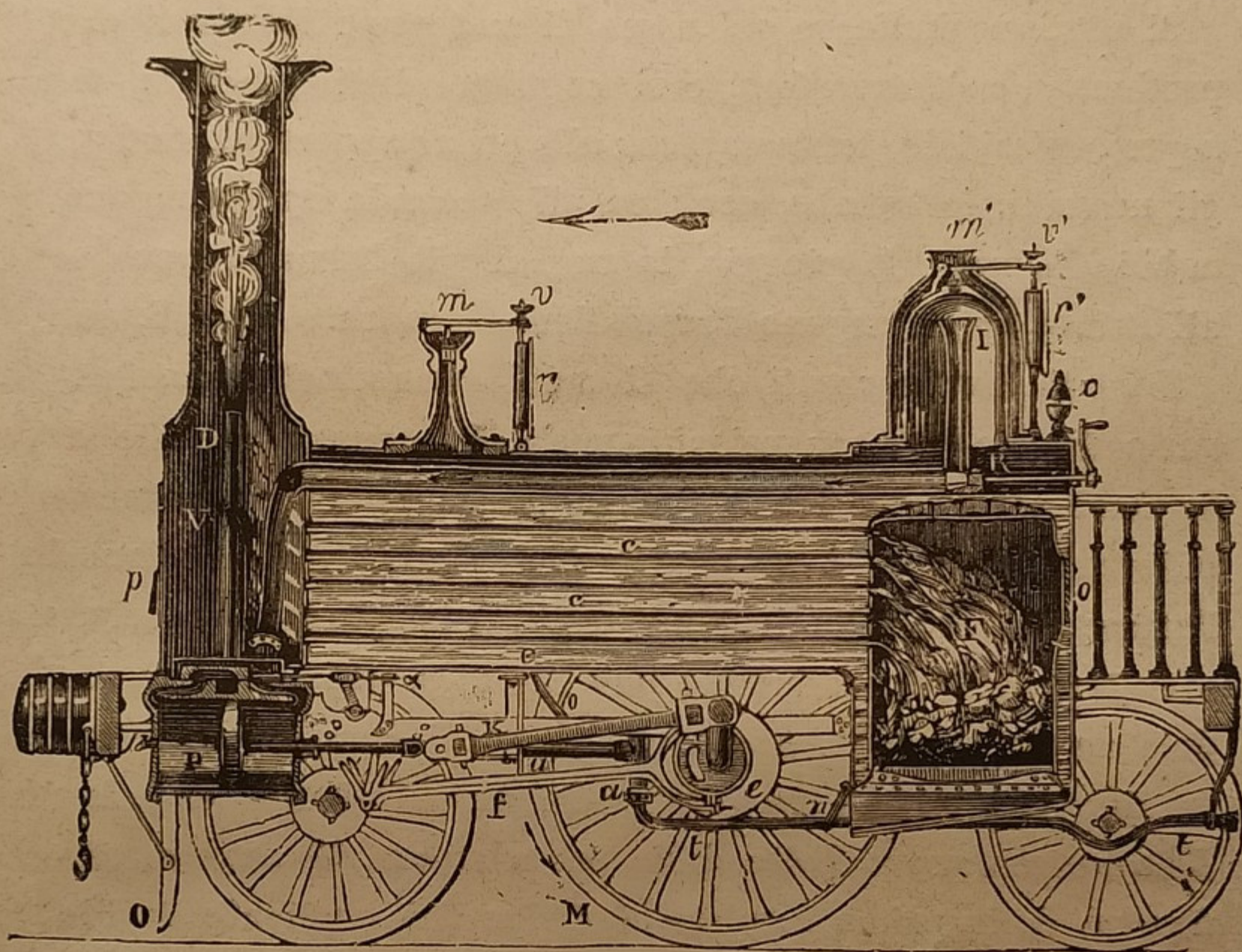


Fig. 71. Sezione d'una locomotiva.

in *c* il generatore del vapore o caldaia percorsa in questo caso da una serie di tubi aperti alle loro estremità, circondati dall'acqua, nei quali circolano i gas provenienti dalla combustione ed il fumo. Questa caldaia viene detta perciò *tubulare*. I gas e il fumo dopo di aver riscaldato fortemente i tubi e quindi l'acqua che li circonda si raccolgono nella camera *V* di dove escono poi pel camino. In *F* vi è il focolare, in *m* la valvola di sicurezza, in *x* il fischietto.

Il vapore si accumula nella parte superiore della caldaia e

nella cupola sulla quale sorge il fischietto. Nell'interno della cupola vi è un tubo I, pel quale il vapore passa e va ad agire nel cilindro contenente lo stantuffo P. Lo stantuffo poi per mezzo del suo braccio è in comunicazione coll'asse della ruota che ne riceve direttamente il movimento. Il vapore finalmente dopo di avere prodotto il suo effetto sullo stantuffo è rigettato per mezzo di un tubo D entro al camino, dal quale esce insieme ai prodotti della combustione.

Si sogliono indicare col nome di meteore i fenomeni che si producono nell'atmosfera, e si sogliono distinguere in *aeree*, *acquee*, *calorifiche*, *luminose*, ecc.; alle prime appartengono i venti, gli uragani, le trombe, ecc.; ed alle seconde appartengono le nebbie, le nubi, la pioggia, la rugiada, la brina, la neve, ecc.; all'ultima appartengono l'arcobaleno, le aurore boreali, ecc.

I venti sono correnti che si manifestano nell'atmosfera in varia direzione e con velocità varia. La causa generale della formazione dei venti è la ineguaglianza delle temperature e la differenza di densità da esse prodotta nelle varie regioni dell'atmosfera. Franklin fece a questo proposito uno sperimento semplicissimo che chiunque può ripetere. Egli pose una candela accesa verso il basso della porta di comunicazione aperta fra due camere, una riscaldata e l'altra no, ed una seconda candela accesa verso l'alto della porta stessa. Si osserva che la fiamma della prima candela si dirige dall'ambiente freddo all'ambiente caldo, mentre la fiamma della seconda si dirige in senso inverso. Si vede da ciò che fra le due camere si hanno attraverso alla porta due correnti, una in basso ed una in alto. Ora siccome l'aria riscaldata è più leggera dell'aria fredda, avremo una corrente calda in alto ed una corrente fredda in basso.

Ora ciò che si osserva in piccolo nell'aria di due camere variamente riscaldate si osserva in grande in tutta l'atmosfera. Così, ad esempio, se la temperatura del suolo aumenta per una certa estensione di paese l'aria che è in contatto di esso si riscalda, si dilata e sale negli strati superiori dell'atmosfera e

vi produce delle correnti che soffiano dal luogo caldo verso il freddo: contemporaneamente al livello del suolo si avrà una corrente in senso inverso alla prima di aria fredda: di qui l'origine dei venti.

Si distinguono varie sorta di venti. Si chiamano venti *alisei*, dei venti costanti che soffiano continuamente dall'est all'ovest in una grande zona tagliata in mezzo dall'equatore terrestre. Nell'emisfero nord gli alisei soffiano dal nord-est al sud-ovest; nell'emisfero sud essi soffiano dal sud-est al nord-ovest. La causa dei venti alisei è questa: La parte più calda della terra è quella dove i raggi del sole cadono verticalmente, cioè dove al mezzodì il sole è allo zenit, o vicinissimo a questo punto: questa condizione adunque si verifica nelle regioni equatoriali. Quivi gli strati d'aria riscaldati più che non nelle altre latitudini si fanno più leggeri, e quindi si innalzano verticalmente nello spazio; il vuoto che si forma per tal modo attrae le masse d'aria adiacenti, e così vengono determinate continue correnti d'aria o venti che spirano orizzontalmente dai due emisferi per sostituire l'aria salita in alto a motivo della sua leggerezza.

A primo aspetto è naturale supporre che questi venti, i quali spirano per compensare la corrente ascendente all'equatore, corrano lungo il meridiano: ma in realtà non possono persistere a lungo in questa direzione. Tutti i movimenti fatti sulla terra da corpi che non le sono strettamente aderenti sono più o meno deflessi dalla loro direzione originaria, rispetto alla superficie terrestre, dalla rotazione del globo.

Si chiamano *monsoni* quei venti che soffiano per sei mesi in una direzione e per sei mesi in un'altra. Questi venti sono diretti verso i continenti nell'estate, e in senso contrario nell'inverno. I monsoni sono stati osservati nella maggiore abbondanza in tutti i mari a sud, ed adiacenti, al mondo antico, dalla costa orientale dell'Africa, ad est attraverso all'Arcipelago Indiano sino alle isole di corallo del Pacifico.

Si ha l'esempio più evidente del rapporto tra il vento e la temperatura dell'aria nelle brezze di mare e di terra che spirano così regolarmente sulle coste, e specialmente sulle coste

delle isole nelle latitudini basse. Quando spunta il sole la terra assorbe calore, e l'aria soprastante alla terra si fa più calda di quello che è sul mare, ascende, e dà origine ad un afflusso di aria più fredda, attratta normalmente alla spiaggia. Questa è la brezza di mare. Verso sera, al declinare del sole, la brezza di mare cessa; la terra rapidamente si raffredda, e al tramonto del sole la corrente cambia, e comincia a scorrere dalla terra al mare ora più caldo, e questa brezza continua sino al massimo di freddo, cioè un po' prima del sorgere del sole. A questo punto cessa, e in breve è sostituita dalla brezza di mare.

I venti irregolari sono frequentissimi. Ogni mutamento di temperatura, ogni caduta di pioggia produce qualche movimento nell'atmosfera, e i movimenti di questa sorta interferendo gli uni cogli altri possono produrre serie perturbazioni. Fra i fenomeni più ordinari dell'atmosfera sono le correnti d'aria oscillanti; cioè se una corrente va oggi da nord a sud, probabilmente domani tornerà da sud a nord, essendo in questi movimenti più o meno deflessa.

Nell'atmosfera si osservano anche venti i quali sono distinti per la loro violenza e per non avere un percorso rettilineo; ma girano attorno ad un centro, aggiungendo alla violenza un continuo mutamento, e avvolgendo nelle loro spire un'area molto ampia, da cui è difficilissimo sfuggire, per la qual cosa essi riescono pericolosissimi.

I fenomeni vorticosi principali dell'atmosfera sono venti giranti, vortici di sabbia, trombe marine e terrestri, cicloni, ecc. I vortici di sabbia sono frequenti nell'India, in Arabia e in Africa là dove una superficie secca e riscaldata di terreno è priva di vegetazione.

Le *trombe marine* sono fra i più singolari fenomeni della natura. Sono colonne d'acqua o di vapore acqueo che salgono dal mare, e si raccolgono superiormente in una nube, unendosi con essa nella forma di un cono capovolto. L'acqua alla base è in una violenta agitazione, come se bollisse, e la colonna mentre sale gira su sè stessa con una violenza pericolosa persino per le più grosse navi. Sebbene frequentemente di piccole

dimensioni, se ne sono osservate talune del diametro di 60 e più metri e dell'altezza di 5 a 700 metri. Poche trombe marine rimangono ferme; pel maggior numero hanno un movimento progressivo, con velocità di quasi un chilometro all'ora. Si hanno esempi di trombe marine che si avanzarono dal mare sulla terra, procedendo su questa con grande rovina per molti chilometri.

Spesso le trombe marine, come i vortici di sabbia, sono insieme in gran numero, e girano come quelli indifferentemente da destra a sinistra o da sinistra a destra.

Ma più straordinari sono i fenomeni dello stesso genere che si compiono sulla terra, cioè le così dette *trombe di terra*, o semplicemente trombe. In generale queste compaiono in una atmosfera calma con sorprendente rapidità e perfettamente sviluppate. Spaventose alla vista, eccedono spesso in grandezza le trombe marine, e procedendo avanti recano la distruzione sopra una larghezza di più di 300 metri, sradicano gli alberi, schiantano o abbattono le case, rovesciano quanto trovano sulla loro strada, accompagnati da nubi di pioggia, con fulmini e globi di fuoco. Per lo più esse hanno, come le trombe marine, un violento movimento rotatorio, che le segna di linee spirali. L'acqua generalmente ascende in esse, e asciugano gli stagni su cui passano; ma in certi casi sembra invece che l'acqua scenda attraverso ad esse.

I cicloni sono venti che girano attorno ad un asse, il quale nello stesso tempo procede innanzi. Essi si originano principalmente nei mari caldi non lungi dai tropici; ma non mai all'equatore o nelle sue vicinanze.

Ricordiamo ancora il *simoun*, vento ardente che soffia dai deserti dell'Asia e dell'Africa, e che è caratterizzato dalla sua elevata temperatura e dalle sabbie che seco trasporta. In Italia questo vento è noto col nome di *seirocco*, in Egitto viene detto *khamzin*.

L'aria contiene sempre una certa quantità di vapor acqueo: per dimostrarlo basta porvi un vaso pieno di ghiaccio o di un

miscuglio refrigerante: in capo ad un certo tempo si veggono delle goccioline d'acqua o un sottile straterello di ghiaccio deporsi sulle pareti esterne del vaso.

Si dicono *nebbie* ammassi di vapore acqueo i quali, conden-



Fig. 72. Cirri o Code di gatto.

sati, occupano le regioni basse, ed offuscano la trasparenza dell'atmosfera.

Le nubi sono costituite di vapore acqueo prodotto dall'evaporazione dell'acqua sotto al calore solare, e salito nelle alte regioni dell'atmosfera a motivo della sua leggerezza specifica,



Fig. 73. Strati.

e raccolti in grandi masse. Sono esse continuamente mosse dai venti, e precipitandosi in forma liquida sulla terra diffondono continuamente sulla superficie del globo l'umidità richiesta per la vita e per l'organizzazione.

Le nubi hanno vari nomi secondo le forme che presentano.

Le forme principali sono: *i cirri o code di gatto, i cumuli, gli*

strati, i nembi. Le fig. 72, 73, 74 e 75, mostrano queste diverse forme di nubi.

Il precipitarsi della pioggia ha luogo quando l'atmosfera è sopraccaricata di vapore, cioè quando sono ecceduti i limiti



Fig. 74. Cumuli.

della *saturazione*, ossia della quantità di vapore che, per una data temperatura, l'aria può tenere in sospensione. In questo stato di cose ogni compressione, come quella provocata da una scarica di elettricità o da un abbassamento nella temperatura, basta a condensare il vapore, il quale cade in pioggia.



Fig. 75. Nembi.



Fig. 76. Pluviometro.

Si misura la quantità di pioggia mediante uno strumento assai semplice, il pluviometro (fig. 76). Nella sua forma più semplice consiste in un vaso a pareti parallele, in cui si raccoglie la pioggia, di cui la quantità così raccolta è manifestamente proporzionale alla quantità assoluta di pioggia caduta. Una migliore disposizione dello strumento si è quella di dargli

la forma di un imbuto, per modo che il tubo che riceve in ultimo la pioggia è rimpicciolito, cosicchè vi si possono leggere le variazioni nella quantità di pioggia caduta molto ingrandite, e conseguentemente con maggiore esattezza. Coll'aiuto di questo strumento si riconosce che le gocce di pioggia crescono durante la loro caduta dall'alto e tanto più rapidamente quanto più si avvicinano al terreno. Siccome poi questo aumento eccede di molto quello che potrebbe essere spiegato colla supposizione che esse condensino tutto il vapore che incontrano attraverso all'aria, dobbiamo concludere che aleggi nell'aria, allorquando piove, come una sorta di polvere d'acqua, cioè di minutissime particelle di questo liquido.

Quando l'atmosfera scende a una temperatura inferiore al punto di congelazione, l'umidità contenuta in essa si congela e non può scendere altrimenti che in forma di neve, di nevischio, o di grandine. La neve si presenta in cristallini aggruppati in una grande varietà di forme (se ne sono osservate circa un migliaio).

La neve cade in quantità sempre maggiori, quanto più la località è vicina ai poli o è alta sul livello del mare. Le più alte cime dei monti sono per lo più coperte di neve, le quali vengono dette perpetue. Il limite della neve perpetua varia molto. Nell'emisfero meridionale si trova la neve perpetua al livello del mare nella latitudine 78° , e raggiunge la sua massima altezza alla latitudine 5° , dove è a 4640 metri: nell'emisfero settentrionale a parità di latitudine la linea delle nevi è generalmente alquanto più alta, e raggiunge la maggiore altezza conosciuta nella latitudine 18° sulla Cordillera occidentale della Bolivia, dove è a 6830 metri.

La neve ammassata sulle alte montagne dà luogo ai ghiacciai i quali sono enormi ammassi di acqua solidificata, la quale lentamente sciogliendosi alimenta torrenti e fiumi, e rende possibile la vegetazione in molte vallate.

Uno degli effetti più noti del raggiamiento terrestre è il deporsi della *rugiada*, la quale è un effetto, e non, come si credeva non è gran tempo, la causa del freddo notturno. La quan-

tità di vapore che aleggia in un dato tempo nell'atmosfera è in ragione diretta della temperatura di questa: e quando, ad una data temperatura, l'atmosfera contiene il massimo possibile di vapore, si dice che essa ne è satura. Se pertanto l'atmosfera gradatamente si raffredda, come ha luogo pel raggiamiento notturno, essa raggiunge il punto di saturazione, e allora il vapore che vi è sospeso comincia a condensarsi e cade allo stato liquido, cioè in forma di rugiada. Se la temperatura della superficie raggianti è sotto al punto di congelazione, la rugiada gela e allora si ha la *brina*: questa può altresì deporsi subito in forma solida allorchè la temperatura dell'aria è sotto al punto di congelazione dell'acqua. La rugiada e la brina si depongono sempre là dove vi ha un'ampia superficie con poco volume (condizione voluta per un grande raffreddamento), e quindi sulle foglie, sui ramoscelli, sulle spine, e simili, e non sui tronchi degli alberi e sui grossi rami; così pure sull'erba e sul suolo mosso.

VII. — Corpi luminosi o illuminati, diafani, opachi. — Specchi piani. — Diverse forme di lenti e loro usi. — Descrizione dei cannocchiali e dei microscopi. — Camera oscura. — Colori.

Si dicono *luminosi* quei corpi che, dotati di luce propria, emettono la luce diventando sorgenti luminose: ad esempio il sole ed i corpi ignescenti.

Si dicono invece corpi *rischiarati* o *illuminati* quelli che sono sforniti di luce propria, ma che ricevendo la luce dai corpi *luminosi* emettono anch'essi luce: tale è la luna.

Diafani o *trasparenti* vengono chiamati quei corpi i quali si lasciano attraversare dalla luce ed attraverso ai quali si distinguono gli oggetti, come il vetro, l'acqua, l'aria, ecc.

Opache invece chiamansi quelle sostanze che non si lasciano attraversare dalla luce; come il legno, i metalli. Questi corpi producono un'*ombra*, la quale è la parte dello spazio in cui il corpo opaco impedisce alla luce di penetrare.

Translucidi finalmente diremo quei corpi attraverso ai quali passa ancora la luce, ma non si può più riconoscere la forma degli oggetti, come ad esempio, il vetro smerigliato, la carta unta d'olio, l'alabastro, ecc.

Si chiamano *sorgenti luminose* i corpi luminosi per sè stessi o che producono luce. Ognuno dei punti della loro superficie è un centro da cui la luce emana in ogni direzione. I corpi non luminosi per sè stessi non possono esser *veduti* se non sono *illuminati*; cioè se non ricevono la luce da una qualche sorgente luminosa; così la luna non è una sorgente di luce in quanto che non fa che riflettere i raggi del sole.

Si distinguono due sorta di sorgenti luminose, le une *permanenti*, come il sole, le stelle; le altre *accidentali*, che si possono distinguere in *artificiali* e *naturali*. Le prime sono prodotte ad arte, cioè mettendo i corpi nelle condizioni convenienti, ordinariamente col portarli ad una temperatura abbastanza elevata: in fatti l'esperienza prova che tutti i corpi verso i 500 gradi diventano luminosi, cioè visibili nell'oscurità: tali sono i solidi che si fanno *arroventare*. Per lo più si ottiene artificialmente la luce mediante la combustione, principalmente dei gas. Alle sorgenti di luce accidentali naturali spettano i fenomeni della *fosforescenza*, che è la proprietà che hanno certi corpi di spandere una debole luce senza sviluppo sensibile di calore: questa proprietà è dovuta ad azioni chimiche, e si trova in parecchi animali.

La luce si propaga in linea retta, e ciò si può agevolmente verificare. La luce infatti non può vedersi attraverso ad un tubo piegato ad angolo o incurvato in modo che nessuno dei punti di una delle sue aperture sia sul prolungamento rettilineo di un altro punto dell'apertura opposta. Si chiama *raggio* la linea che congiunge un punto di un corpo luminoso o illuminato con un punto della pupilla o di un corpo qualunque.

La riunione di molti raggi paralleli fra loro dicesi *fascio luminoso*. Chiamasi poi *cono luminoso* il complesso dei raggi che partono da uno stesso punto. Tuttavia, se la sorgente luminosa è a grande distanza, come il sole, le stelle, ecc., la

divergenza dei raggi è così piccola proporzionata alla loro lunghezza che si possono considerare come paralleli.

Quando i raggi luminosi incontrano la superficie di un corpo una parte di essi è respinta come è respinto un corpo elastico da un ostacolo resistente. In ciò consiste il fenomeno della *riflessione*.

Le leggi che regolano la riflessione della luce sono le stesse che regolano la riflessione del calore e che noi già conosciamo, vale a dire:

1.^o L'angolo di riflessione è uguale all'angolo di incidenza.

2.^o Il raggio incidente e il raggio riflesso sono in uno stesso piano perpendicolare alla superficie riflettente.

Quando un punto luminoso manda dei raggi sopra un corpo opaco, questi raggi vengono intercettati, e dietro al corpo si trova uno spazio privo di luce, che vien detto *ombra*. Se invece di un semplice punto luminoso si considera un corpo di dimensioni finite, l'ombra non confina immediatamente collo spazio pienamente illuminato, ma fra questo e l'ombra intercede un tratto che riceve solo una parte di raggi emanati dal corpo luminoso: questo secondo tratto vien detto *penombra*.

Si chiama *specchio* qualunque corpo a superficie levigata riflettente la luce in modo da riprodurre l'immagine degli oggetti che gli si mettono davanti. Questa maniera di riflessione della luce dicesi *regolare* o *speculare*: mentre dicesi riflessione *irregolare* quella che si ha da un corpo il quale riflette la luce in tutte le direzioni. La luce riflessa in questo modo dicesi *luce diffusa*.

Vi sono molte sorta di specchi secondo la loro forma; si hanno ad esempio gli specchi *piani*, *concavi*, *convessi*, *sferici*, ecc. Noi non dobbiamo occuparci qui che degli specchi piani.

La retta *ap* (fig. 77) rappresenta la superficie di uno specchio piano: sia *s* il punto luminoso, *si* il raggio incidente: conduciamo la normale *ni* al punto di incidenza, ciò fatto costruiamo l'angolo di riflessione *nir* il quale è per la legge sopra enunciata eguale all'angolo *sin*: abbassiamo dal punto luminoso *s* una perpendicolare allo specchio *ap* e prolunghiamola al disotto sino

allo incontro del prolungamento del raggio riflesso ir . Il punto S' sarà simmetrico di s (due punti diconsi simmetrici rispetto ad un piano quando sono posti uno da una parte l'altro dall'altra alla stessa distanza dal piano e trovansi sulla stessa normale al piano stesso. Due linee o due superficie si dicono simmetriche ad un piano quando tutti i loro punti sono simmetrici al piano stesso). Ciò che si è detto pel raggio incidente si si può ripetere per qualunque altro raggio partito dallo stesso punto, per cui i prolungamenti dei raggi riflessi vanno tutti a riunirsi in S' . Perciò all'occhio collocato in modo da poter ricevere una certa quantità di raggi riflessi, tutti questi raggi paiono partire da un punto luminoso posto sul prolungamento geometrico di

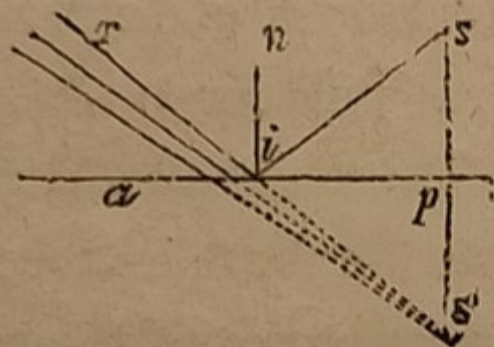


Fig. 77. Specchi piani.

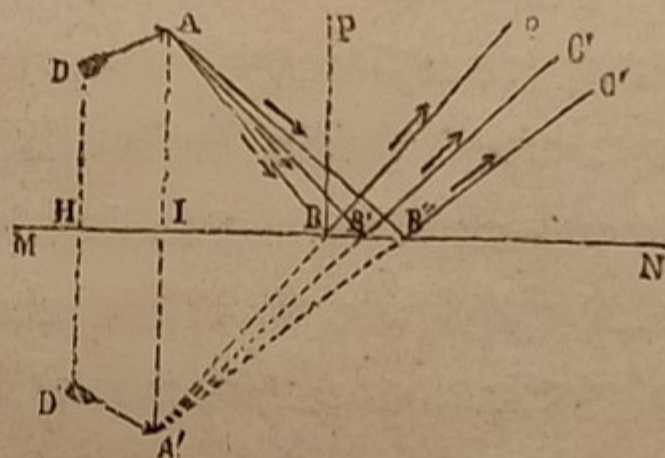


Fig. 78. Specchi piani.

ciascuno di essi, che è il punto simmetrico dello stesso punto luminoso.

Se invece di un punto s noi abbiamo un oggetto DA qualunque si otterrà evidentemente la sua immagine nello specchio costruendo nel modo ora indicato l'immagine di tutti i suoi punti. La figura 78 fa vedere ciò.

Si vede da questa figura: 1.^o che l'immagine è negli specchi piani della stessa grandezza dell'oggetto; 2.^o che essa è simmetrica all'oggetto e non capovolta.

I raggi riflessi dagli specchi piani possono essere convergenti, cioè incontrarsi in un punto, ovvero divergenti. In questo secondo caso essi non si incontrano sopra allo specchio: ma se noi li prolunghiamo essi si incontreranno al di là dello specchio stesso. (Nella fig. 78 i raggi $CB, C'B', C''B''$ prolungati si incontrano in A'). L'occhio dell'osservatore rimane colpito

come se i raggi partissero da questo punto e vi scorge una immagine. Ora questa immagine non esiste realmente là dove la vede l'occhio perchè in realtà i raggi luminosi non passano al di là dello specchio. A questa immagine si dà il nome di *immagine virtuale*. Gli specchi piani danno *immagini virtuali*.

Si chiamano *immagini reali*, diremo qui di passaggio, quelle che si ottengono da specchi i quali riflettono i raggi convergenti. Ciò si osserva negli specchi concavi.

Quando un raggio di luce passa da un mezzo omogeneo in un altro pure omogeneo di natura diversa, il raggio vien deviato dalla sua direzione primitiva, e nello stesso tempo si colora di tinte diverse: questo secondo fatto costituisce la *dispersione* della luce, mentre il primo è la *rifrazione*. Il punto in cui il raggio incidente attraversa la superficie di separazione dei due mezzi vien detto *punto di incidenza*, e *punto d'emergenza* se si considera il raggio come proveniente dal secondo mezzo; il raggio deviato nel secondo mezzo è il *raggio rifratto*, e l'angolo che esso fa colla perpendicolare abbassata sulla superficie di separazione nel punto di incidenza è l'*angolo di rifrazione*.

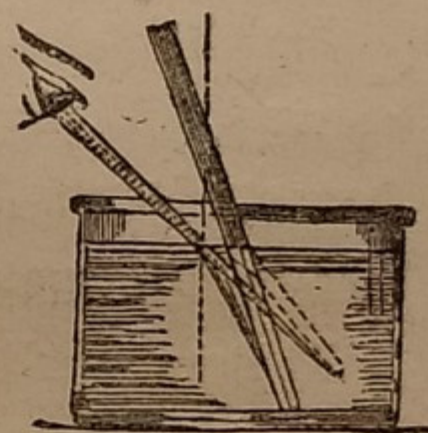


Fig. 79. Bastone immerso nell'acqua.

Il miglior mezzo per riconoscere la rifrazione è di far penetrare un fascio di luce solare in una stanza scura e farlo cadere obliquamente sopra un vaso rettangolare pieno d'acqua un po' torbida; si potrà in questo caso seguire il cammino del fascio anche nell'acqua e riconoscere così direttamente la deviazione che subisce.

La rifrazione della luce ci spiega alcuni fatti di osservazione comune, come ad esempio quello che un bastone diritto (fig. 79) immerso nell'acqua limpida ci appare come spezzato, cioè come facente un angolo: ciò dipende dal fatto che la porzione immersa non è sul prolungamento rettilineo dell'altra.

Quando l'incidenza è normale cioè il raggio cade perpendicolarmente sulla superficie di separazione non vi ha rifrazione, ed esso quindi prosegue rettilineamente. Rispetto alle leggi

della rifrazione ci limiteremo ad enunciare la più semplice: il raggio incidente, il raggio rifratto e la perpendicolare alla superficie di separazione, sono in uno stesso piano.

Si riconosce ancora che l'angolo di incidenza e l'angolo di rifrazione sono disuguali, ma tuttavia vi ha fra essi un rapporto costante.



Fig. 80. Lenti convergenti.

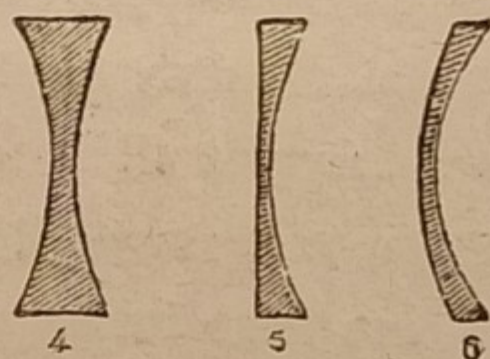


Fig. 81. Lenti divergenti.

Si dà il nome di *lente* a qualsiasi massa trasparente terminata, almeno da una parte, da una superficie curva, sia essa sferica, cilindrica, concava o convessa. Questi corpi così conformati hanno la proprietà di rendere convergenti o divergenti i raggi luminosi che li attraversano.

Vi sono molte sorta di lenti: le più importanti e più usate

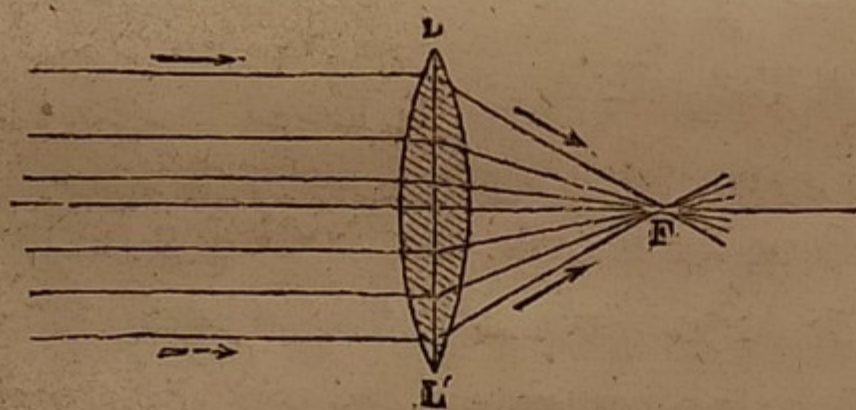


Fig. 82. Foco principale.

sono quelle che pel genere di curvatura della superficie curva si dicono *sferiche*.

Le lenti convergenti hanno i margini sottili e le parti mediane spesse

e sporgenti, e se ne considerano tre sorta (fig. 80), vale a dire:

La lente *biconvessa* terminata da due superfici sferiche convesse. La lente *piano-convessa* terminata da una parte da un piano e dall'altra da una superficie sferica convergente, e la lente detta *menisco convergente*, la quale ha una faccia concava e l'altra con una curvatura più spiccata.

Le lenti divergenti (fig. 81) sono spesse sui margini, e tendono invece ad assottigliarsi verso il mezzo. Esse pure si dividono in tre sorta, vale a dire: La lente *biconcava*; la lente *piano-concava*; il *menisco divergente*.

Si chiamano centro di curvatura i centri delle superfici sfe-

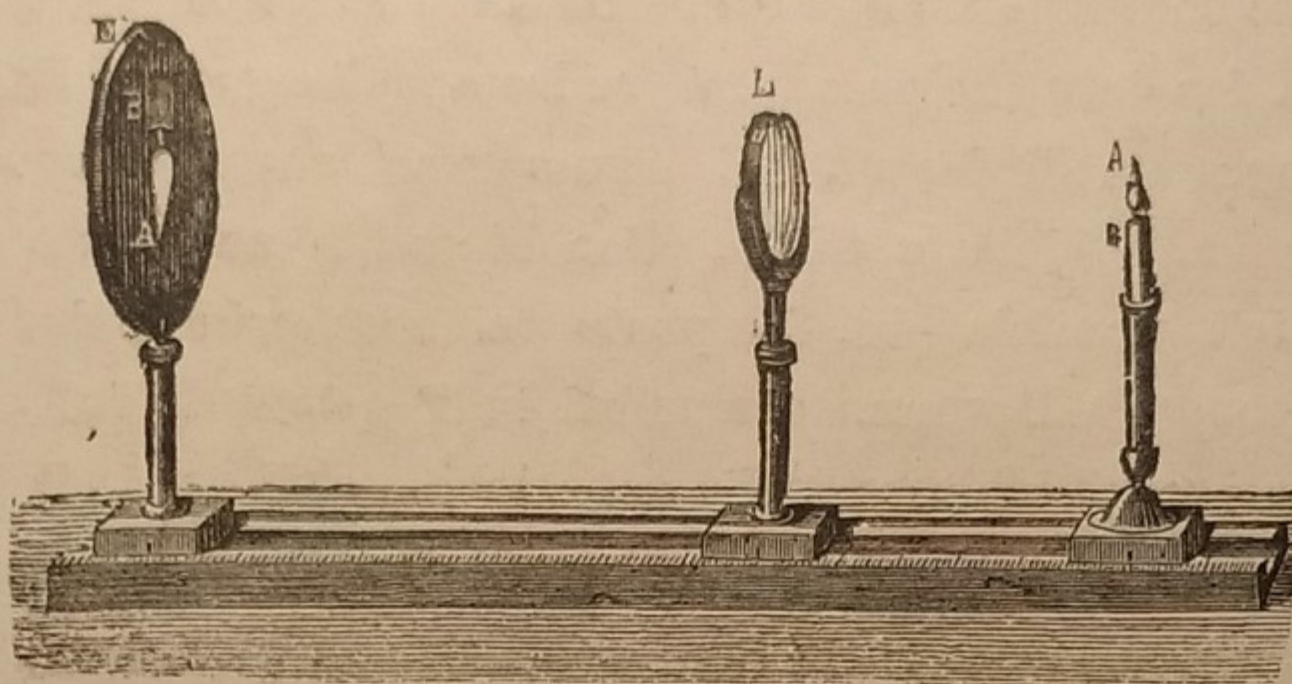


Fig. 83. Foco coniugato.

riche delle lenti terminate da due di queste superfici. La retta che passa per questo centro vien detta *asse principale*.

Fuochi vengono detti i puntini cui concorrono i raggi resi convergenti dalle lenti.

Esponendo al sole una lente biconvessa in modo che il suo asse sia parallelo ai raggi del sole stesso e ricevendo i raggi che escono dall'altra parte delle lente sopra uno schermo avvicinando o allontanando questo schermo, si giunge a trovare un punto in cui l'immagine del sole è brillantissima e piccolissima. Nella fig. 82 questo punto è in F.

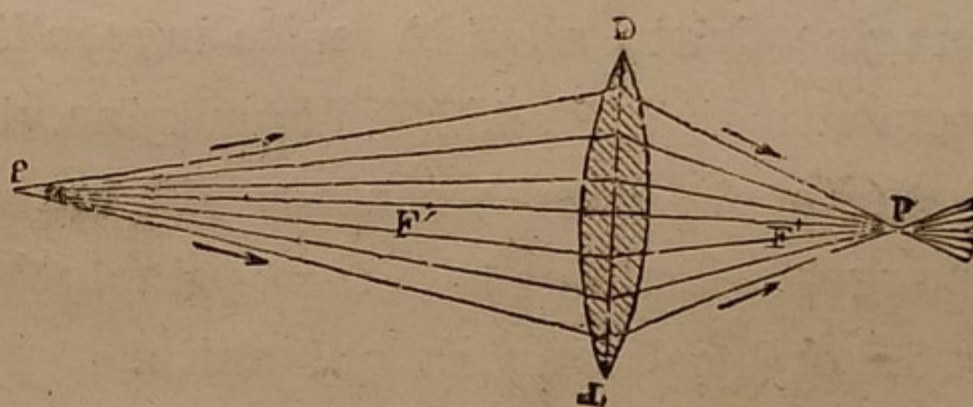


Fig. 84. Foco coniugato.

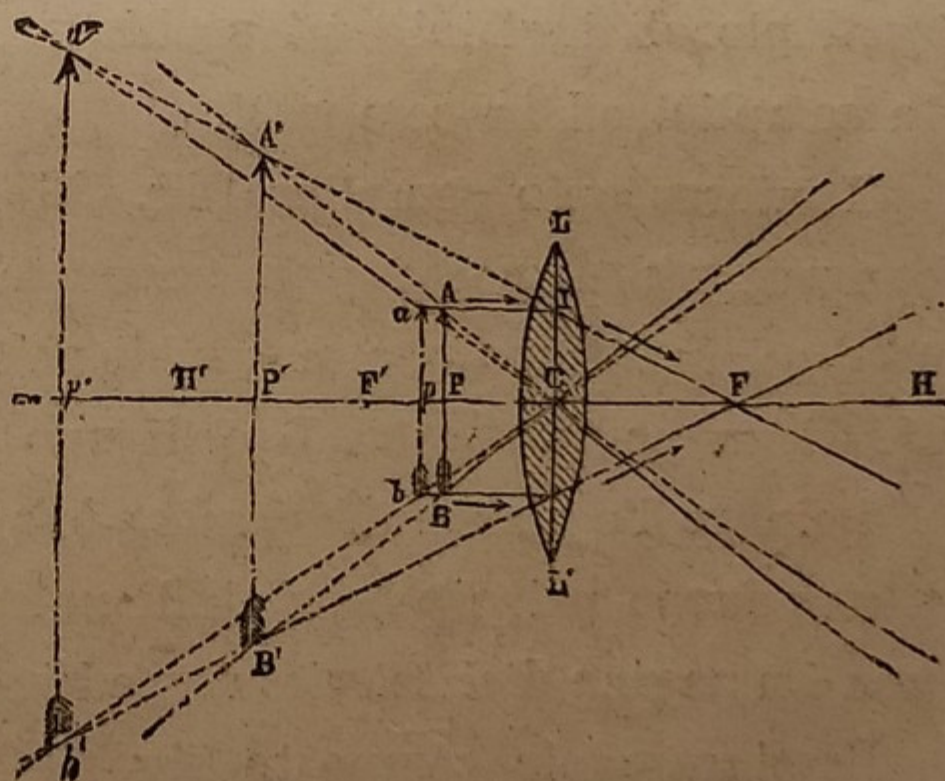


Fig. 85. Immagine virtuale.

Ora questo punto in cui vengono a convergere tutti i raggi paralleli all'asse principale, dicesi *fuoco principale*. Si chiama *distanza focale principale* la distanza del fuoco principale dalla lente.

Se noi poniamo una candela accesa (fig. 83) AB , davanti ad una lente convergente L , ad una distanza un po' maggiore della distanza focale principale, noi vedremo disegnarsi dall'altra parte sopra un diaframma E l'immagine reale e rovesciata della fiamma e della candela. Considerando un punto solo P invece della candela (fig. 84) posto sull'asse principale, i raggi che partono da P vanno a riunirsi in P' posto dall'altra parte della lente ed anch'esso sull'asse principale. Il punto P' è detto fuoco *coniugato* di P . Ora i due punti P e P' sono reciproci, vale a dire se la sorgente luminosa fosse in P' i raggi si riunirebbero in P .

Supponiamo ora di collocare un oggetto AB fra il fuoco principale F' (fig. 85) e la lente LL' . Non si avrà più una immagine rovesciata al di qua della lente: ma l'occhio scorgerà l'immagine dritta al di là molto ingrandita, come se i raggi fossero emanati da $A'B'$. $A'B'$ è l'immagine virtuale di AB . L'immagine è tanto più grande e tanto più lontana dalla lente quanto più l'oggetto è vicino al fuoco principale. Ciò si può vedere in ab e in $a'b'$ nella figura qui unita.

Il microscopio serve, come si è detto, ad ingrandire gli oggetti piccoli invisibili ad occhio nudo. I microscopî si dividono in semplici ed in composti.

Il microscopio semplice (fig. 86) è costituito da una lente convergente m portata da un sostegno che può essere abbassato od innalzato per mezzo di un'asta dentata K e un bottone D , di un porta-oggetti B e di uno specchio M , destinato ad illuminare l'oggetto. L'oggetto è qui collocato fra le lente ed il suo fuoco principale, quindi noi avremo, come già sappiamo, una immagine dritta, virtuale ed ingrandita dell'oggetto stesso.

Il microscopio composto (fig. 87) è molto più complesso del precedente e dà ingrandimenti enormemente maggiori. Il microscopio composto consta di una serie di tubi, come il canocchiale, i quali entrano gli uni dentro gli altri; inferiormente al primo vi è l'obbiettivo e l'ultimo, più elevato, porta l'oculare. Tutto ciò è portato su di un sostegno mobile dall'alto

in basso. Al disotto dell'oculare è una piattaforma posata in mezzo, detta *porta-oggetti*, al disotto vi è uno specchio destinato ad illuminare l'oggetto. Vi sono poi molte altre parti le quali vennero aggiunte allo strumento nei successivi perfezionamenti e che noi tralasciamo qui. L'andamento dei raggi nel microscopio composto si può vedere dalla fig. 88.

L'obbiettivo ll' dà una immagine reale rovesciata in A_1B_1 fra la lente oculare LL' e il suo fuoco F' . L'oculare quindi LL' darà una immagine virtuale, molto ingrandita e diritta rispetto ad A_1B_1 in $A'B'$. L'oculare adunque opera come un microscopio semplice.

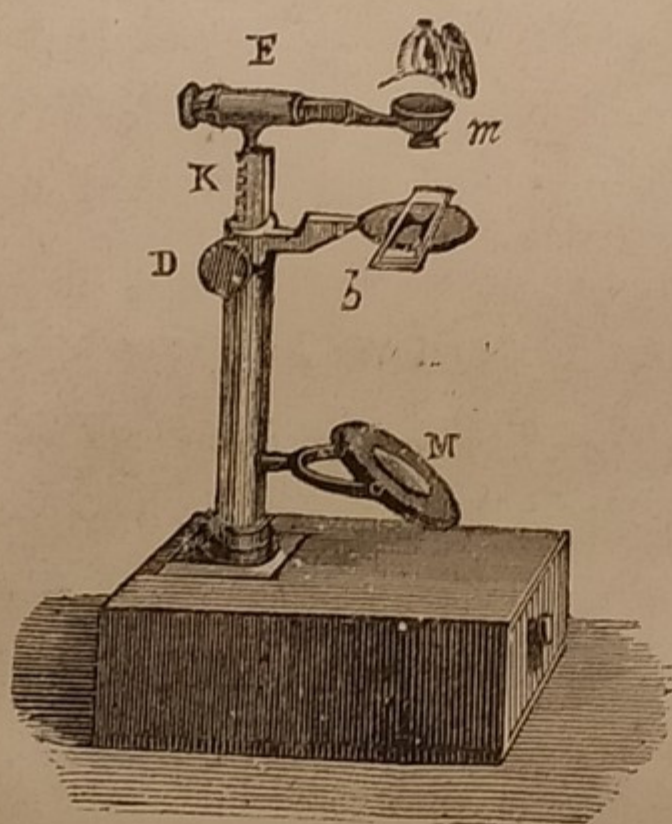


Fig. 86. Microscopio semplice.

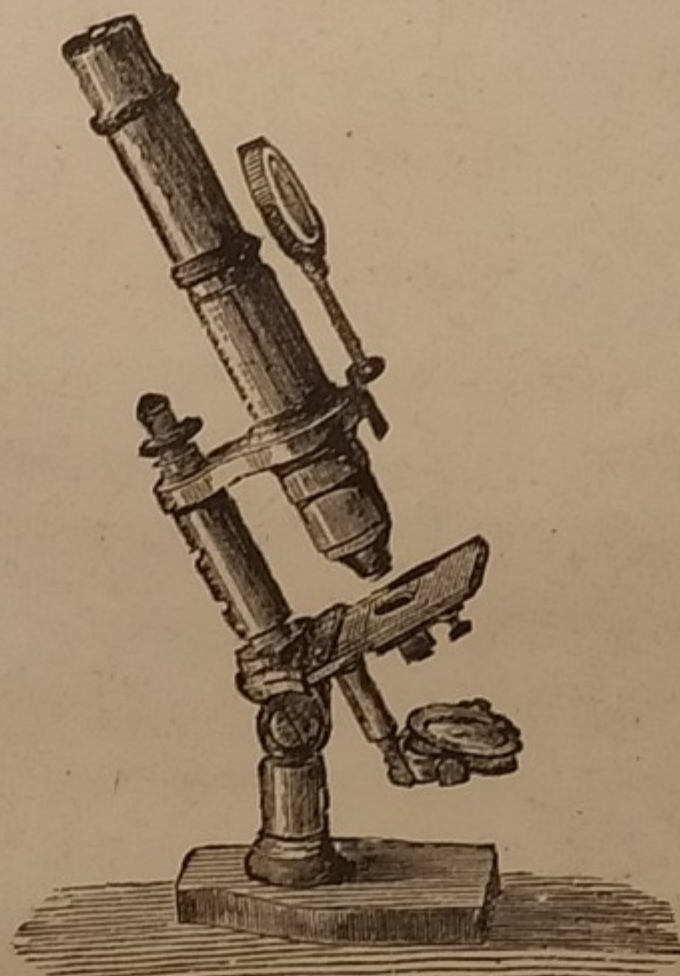


Fig. 87. Microscopio composto.

I microscopi moderni danno ingrandimenti grandissimi e rendono possibile all'uomo lo studio degli esseri infinitamente piccoli, lo studio della struttura dei tessuti degli animali e dei vegetali. Oggigiorno il microscopio è pure applicato allo studio dei minerali e delle rocce.

La *camera oscura* è una camera chiusa in cui i raggi penetrano per una piccola apertura. Tutti gli oggetti esterni, i cui raggi possono arrivare all'apertura, si disegnano sulla parete opposta all'apertura in dimensioni più piccole e rovesciate.

Lo studio di questo fenomeno si deve al fisico napoletano Porta, nel 1570, il quale più tardi perfezionò la cosa mettendo

all'apertura una lente convergente e ricevendo al fuoco di questa l'immagine sopra un diaframma bianco.

La camera oscura, importantissima oggidì dopo l'invenzione

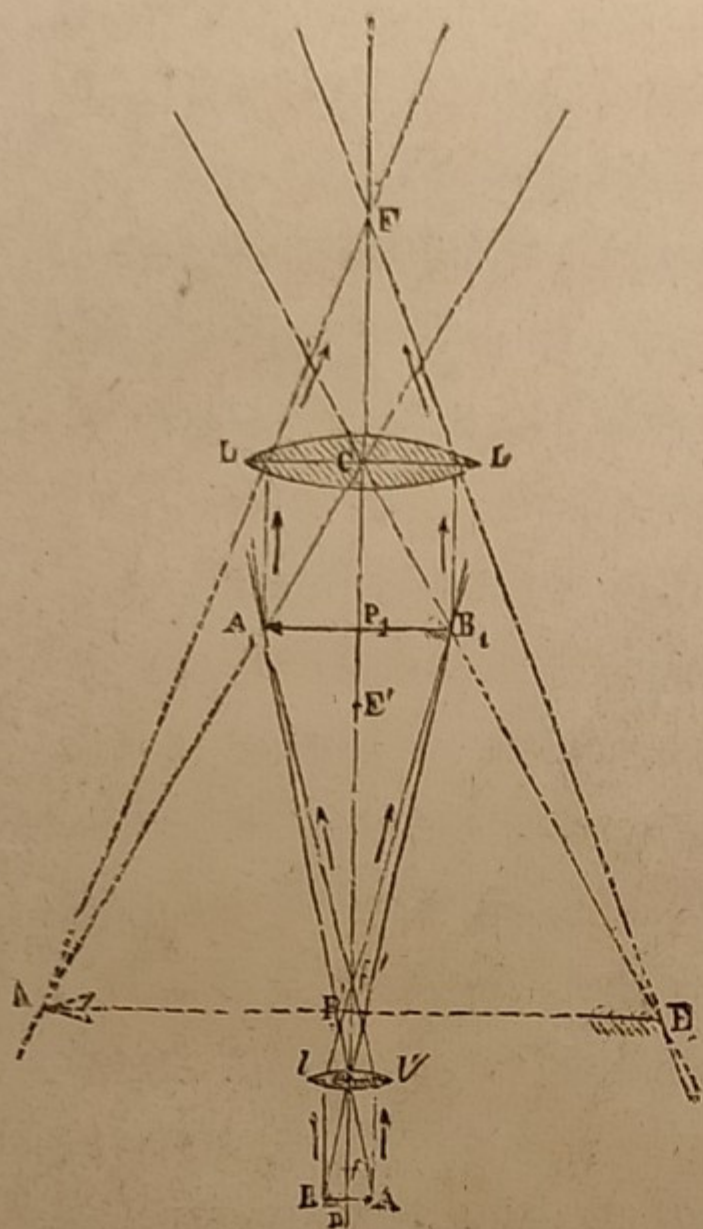


Fig. 88. Andamento dei raggi nel microscopio composto.

è ricevuta sopra un vetro C coperto di sostanze impressionabili alla luce.

della fotografia, può avere varie forme. Quella che serve pel disegnatore è indicata dalla fig. 89. Consta di una cassetta annerita internamente munita in L di una lente convergente. L'immagine rovesciata di AB viene ricevuta da uno specchio *m* inclinato a 45° , il quale la rimanda sopra una lastra orizzontale D di vetro smerigliato, sul quale il disegnatore può facilmente seguire il contorno dell'oggetto.

La camera oscura del fotografo (fig. 90) è analoga alla precedente: l'obbiettivo è più forte, e l'immagine, invece di cadere sopra di uno specchio e un vetro smerigliato,

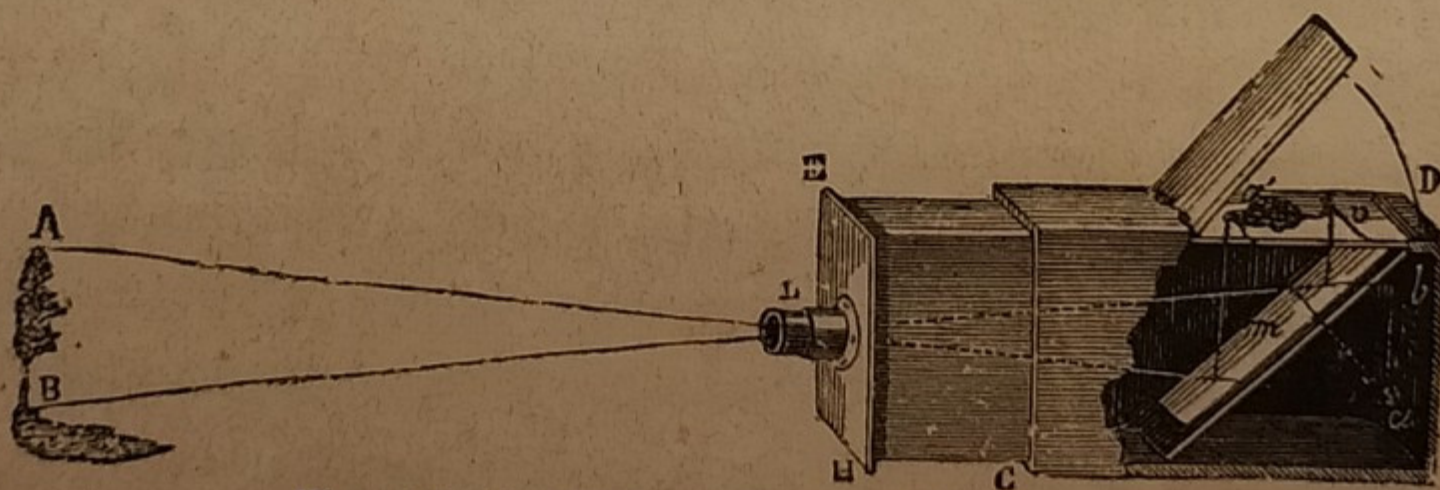


Fig. 89. Camera oscura per disegnare.

Una delle più importanti scoperte del nostro secolo è la fotografia. La fotografia consiste essenzialmente nel fissare le immagini formate dalle lenti convergenti nelle camera oscura sopra sostanze sensibili alla luce. Ciò si può fare o sopra piastre

metalliche, o sulla carta, o sul vetro, ecc. Noi non considereremo qui che la fotografia più adoperata oggigiorno, che è quella sul vetro e sulla carta.

La fotografia comprende due operazioni distinte. La prima consiste nell'impressionare coll'immagine ottenuta nella camera oscura un vetro convenientemente preparato con collodio e con sali di argento sensibili alla luce. Sotto l'azione della luce, i sali di argento, per esempio di joduro di argento, incominciano a subire un processo di decomposizione. Estratta la lastra dalla camera oscura della macchina si immerge in una soluzione destinata a rendere visibile l'immagine. Si ha così una *negativa*,

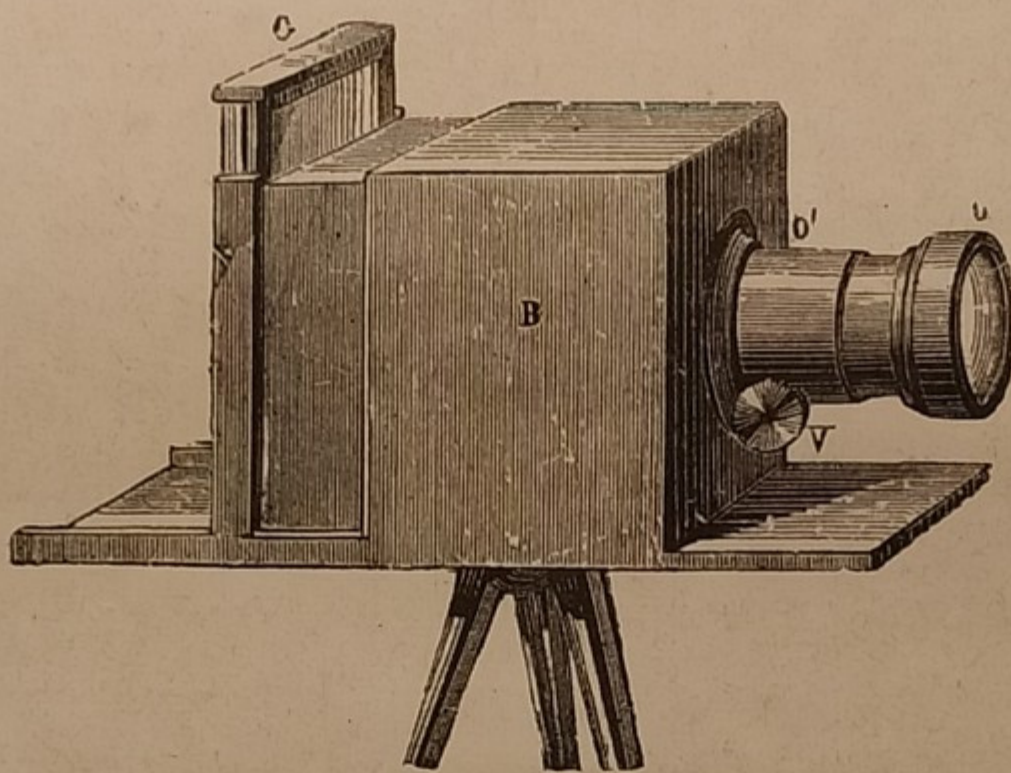


Fig. 90. Camera oscura del fotografo.

nella quale le parti ombreggiate degli oggetti che non riceverebbero l'azione della luce rimangono bianche, mentre le parti che nell'oggetto erano in luce sono nere per l'avvenuta decomposizione del sale d'argento. Lavando perciò la lastra in una soluzione di iposolfito di sodio, la quale scioglie il sale d'argento rimasto intatto, la negativa si fissa e si può conservare anche alla luce. Le operazioni indicate si debbono fare fuori dell'azione della luce bianca. La lastra di vetro così ottenuta serve a produrre o *stampare* tante positive quante si vogliono. Perciò basta collocarla sopra un foglio di carta albuminato ed impregnato di un sale d'argento e quindi esporre il tutto all'azione del sole od anche semplicemente della luce diffusa. Le parti

nere dalla negative corrispondenti alla luce degli oggetti impediscono al sole di penetrare sino alla carta sensibilizzata: mentre le parti trasparenti della negativa, vale a dire quelle corrispondenti alle ombre dell'oggetto, lasciano passare la luce, la quale annerisce la carta. Così si ottiene un disegno *positivo* dell'oggetto. Con ulteriori e varie manipolazioni si fissa e si colora variamente questa immagine e si ottengono così le comuni prove fotografiche.

Nel suo complesso l'occhio ripete la disposizione di una camera fotografica, consistendo in una serie di lenti e di mezzi rifrangenti disposti in una camera oscura in cui la luce non può entrare che per la pupilla, limitata dall'iride che opera come un diaframma; i raggi luminosi dentro all'occhio vengono diretti cosifattamente che sul fondo dell'occhio si forma sulla retina una immagine distinta rovesciata degli oggetti esterni. Questo fatto si può riconoscere direttamente togliendo dall'occhio di un grosso animale, di un bue, ad esempio, i suoi invogli esterni e lasciando intatta la retina: ponendo quest'occhio in faccia ad un corpo luminoso, per esempio una candela, si vede distintamente per trasparenza l'immagine rovesciata della candela formatasi sulla retina. I fenomeni fisici della visione, cioè il cammino dei raggi luminosi attraverso all'occhio e la formazione delle immagini sulla retina sono adunque noti: quello che si ignora sino ad oggi sono i fenomeni fisiologici, cioè in che modo le ondulazioni luminose generano nella retina quegli impulsi nervosi i quali trasmessi al cervello pel nervo ottico, vengono percepiti come sensazioni visive.

Se si fa passare un raggio di sole per l'apertura di una camera oscura si avrà sulla parete opposta l'immagine del sole rotonda e incolora: ma se si interpone sul suo passaggio un prisma di vetro disposto orizzontalmente, il fascio luminoso che ne esce darà sulla parete opposta non più una figura rotonda e bianca, ma una striscia allungata e variopinta a cui si dà il nome di *spettro solare* (fig. 91).

Nello spettro solare si trovano infinite tinte: tuttavia se ne distinguono sette principali, le quali sono: il *violetto*, l'*indaco*, il *turchino*, il *verde*, il *giallo*, l'*aranciato*, il *rosso*. Si vede da ciò che la luce bianca del sole è decomponibile in molti fasci variamente colorati. Se facciamo cadere lo spettro sopra ad una lente convergente (fig. 92) avremo dall'altra parte, su di un diaframma in un punto determinato, di nuovo la luce

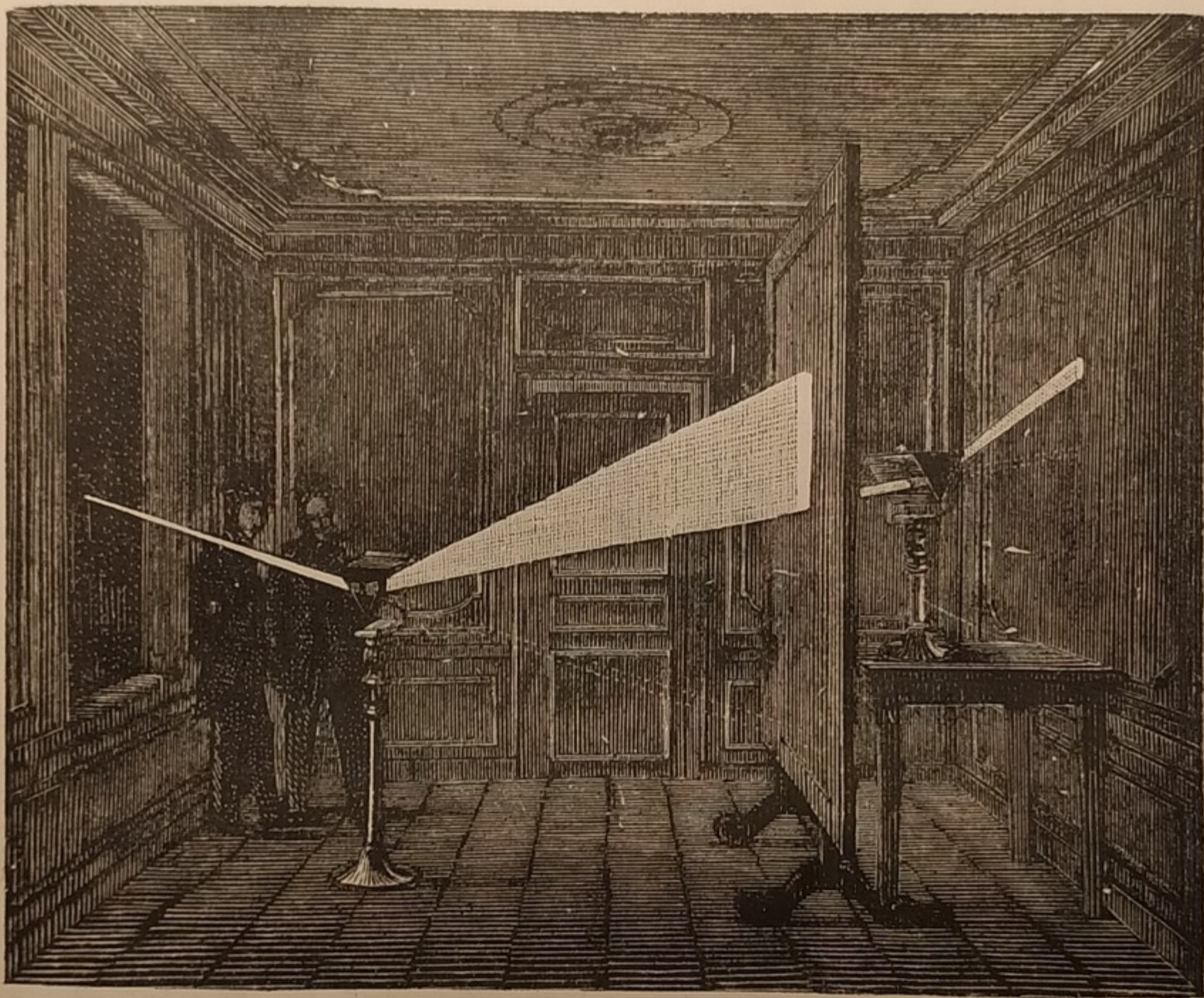


Fig. 91. Decomposizione della luce.

bianca prodotta dal convergere insieme dei varî raggi colorati dello spettro.

Prendendo successivamente i vari colori dello spettro e facendoli passare attraverso ad un altro prisma, il raggio che ne esce non si scompone in altri colori, perciò i colori dello spettro si dicono *semplici*, vale a dire indecomponibili col prisma in altri colori.

I corpi ci appaiono variamente colorati. Ora chiamasi *colore naturale* di un corpo quel colore sotto il quale esso ci appare

quando è illuminato dalla luce bianca. Supponendo che un corpo abbia, per dir così, facoltà d'assorbire tutti i raggi colorati dello spettro, salvo uno, per esempio il verde, questo corpo ci apparirà verde; poichè egli non riflette al nostro occhio altro colore che il verde. Se invece del solo verde il corpo riflette più colori dello spettro il suo colore ci appare quale risulta dalla mescolanza dei raggi spettrali non assorbiti.

Si chiamano *meteore luminose* quei fenomeni che hanno luogo nell'atmosfera, e di cui è causa unica o principale la luce. Fra questi non prenderemo in esame che l'*arcobaleno* e il *miraggio*.

L'arcobaleno consiste in una fascia di aspetto circolare in cui sono distribuiti i colori dello spettro, col rosso volto in fuori:

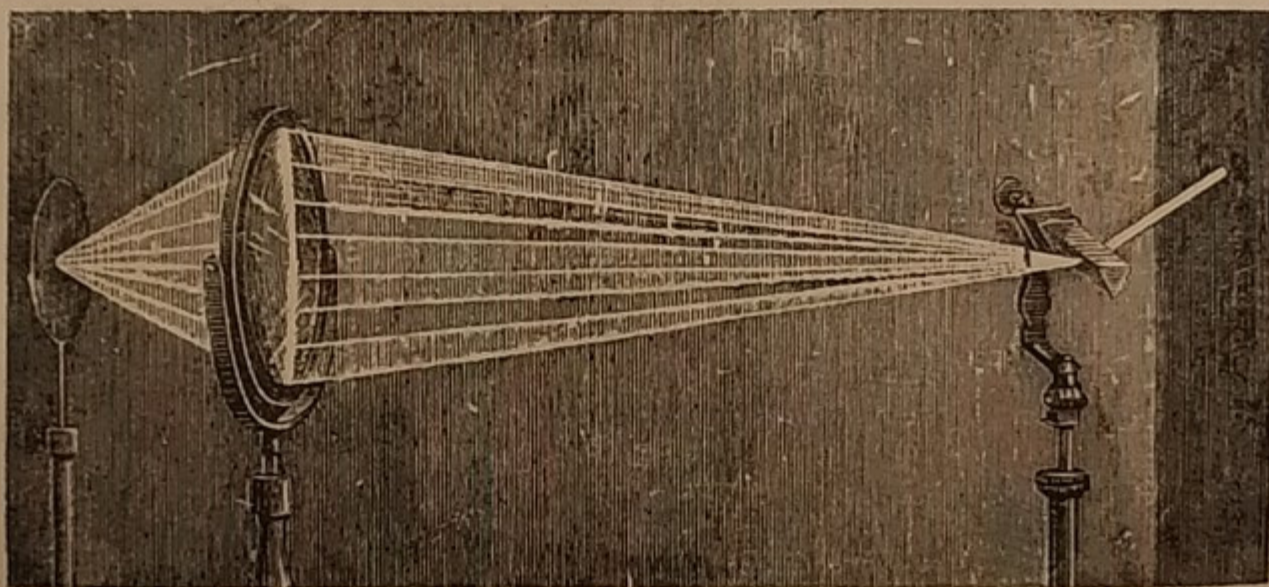


Fig. 92. Ricomposizione della luce.

questo arco si mostra nella regione del cielo opposta al sole, quando vi cade la pioggia: l'osservatore si trova fra l'arco e il sole; quindi il punto culminante dell'arco è tanto più elevato quanto più basso è il sole, cioè più vicino all'orizzonte. Questo è l'*arco principale* o *arco interno*; per lo più ad esso si aggiunge un secondo arco concentrico di raggio maggiore, ma in cui i colori, molto più pallidi, sono disposti in ordine inverso, cioè col rosso internamente: questo è l'*arco esterno* o *secondo arco*.

L'arcobaleno è un fenomeno interamente soggettivo e per così dire, locale, ossia ciascun osservatore vede il suo proprio arco, tanto che quando questo è vicino, due osservatori posti a qualche distanza vedono le due estremità poggiare su punti diversi del suolo. Si osserva frequentemente l'arcobaleno nelle

goccioline che si separano da una cascata, da un getto di acqua e simili; anche la luna può produrlo, ma è naturalmente debolissimo.

Un'altra meteora luminosa dovuta alla rifrazione della luce è il *miraggio*, che è quel fenomeno atmosferico per cui si vede una immagine simmetrica e capovolta degli oggetti posti alla superficie della terra, come se vi fosse uno specchio fra questi oggetti e la loro immagine. Il miraggio si osserva specialmente nelle pianure sabbiose fortemente riscaldate dal sole, ed è frequente nell'Arabia e specialmente nel Basso Egitto. Il fenomeno della fata Morgana per cui va celebre lo stretto di Messina è pure un fenomeno di miraggio.

VIII. — Descrizione di una macchina elettrica; — della bottiglia di Leida; della pila; — del telegrafo; — del telefono; — del campanello elettrico; dei motori elettrici. — Luce elettrica. — Galvanoplastica. — Fulmine e parafulmine.

Se noi strofiniamo con un tessuto di lana o di seta o con una pelle di gatto una bacchetta di vetro o di ceralacca o di solfo, questi corpi acquistano la proprietà di attrarre i corpi leggeri, come ad esempio la segatura di legno, le barbe delle penne, ecc. Si osserva inoltre che i corpi in questione appena attratti si staccano come per un movimento di ripulsione. Qualche volta, operando all'oscuro, si osservano scintille che escono dal corpo strofinato, dopo le quali il corpo stesso ritorna alle condizioni di prima.

I corpi che si trovano in queste condizioni per opera dello strofinamento si dicono *elettrizzati*. Dicesi *elettricità* la causa ignota ancora di questi fenomeni.

Si chiamavano un tempo *idioelettrici* i corpi che si elettrizzano collo strofinamento, ed *anelettrici* gli altri. Meglio è chiamare corpi *isolanti* quelli che sono cattivi conduttori dell'elettricità, e corpi *conduttori* quelli che sono buoni conduttori. Sono buoni conduttori, ad esempio, i metalli, il carbone calcinato,

la piombaggine, l'acqua, gli acidi, il vapore acqueo, la fiamma, ecc. Sono invece corpi isolanti il ghiaccio, la calce, il cauteiù, la canfora, la carta, la lana, la seta, il vetro, la cera, il solfo, la resina, ecc.

In realtà tutti i corpi sono idioelettrici, cioè capaci di elettrizzarsi: solo nei corpi conduttori, i così detti *anelettrici* dei vecchi fisici, l'elettricità non appena si produce sfugge al suolo; ma se si toglie la comunicazione elettrica colla terra, essi trattengono l'elettricità. Così se si sostiene un pezzo di metallo con una pinza dalle punte di vetro, oppure anche ponendogli un manico di vetro, il metallo si elettrizza in seguito allo sfregamento, perchè il vetro toglie la comunicazione col suolo, che altrimenti si compirebbe attraverso alla mano e al corpo dell'uomo. Un corpo conduttore, separato dal suolo nel modo che abbiamo detto, si dice *isolato*.

Si riconosce facilmente che un corpo è elettrizzato mediante piccoli istrumenti detti *elettroscopi* (fig. 93). Il più semplice è il pendolino elettrico, il quale consiste in una pallottolina di midollo di sambuco sospesa per un filo di seta ad un sostegno a piede di vetro.

Strofiniamo ora un bastoncino di vetro e poi accostiamolo alla pallottolina del pendolino: immediatamente la pallottolina è attratta in *a*: ciò fatto, se noi ripresentiamo il bastone, la pallottolina, la quale conserva l'elettricità già conquistata, è respinta in *r*: se ora avviciniamo alla pallottolina un bastoncino preventivamente strofinato di resina, la pallottolina è di nuovo attratta.

Si conchiude da ciò che esiste una doppia sorta di elettricità, una vitrea o positiva, ed una resinosa o negativa; e in secondo luogo che i corpi carichi di elettricità dello stesso nome si respingono e quelli carichi di elettricità contrarie si attraggono.

Intorno alla natura della elettricità i fisici sono ancora incerti: senza dubbio anch'essa, come gli altri agenti fisici, è una forma di movimento, ma non si sa in quale modo si compia, cioè se, come il suono, sia un movimento molecolare, op-

pure, come la luce, eterico. Quindi bisogna limitarsi, come abbiamo fatto, a definirla sperimentalmente.

Si chiamano *macchine elettriche* quegli apparecchi che servono a produrre elettricità: la più semplice di tutte è l'*elettroforo* (fig. 94), il quale consiste in una stacciata di resina contenuta in un piatto rr' , e un disco metallico C , provveduto di un manico isolante, di vetro v : questo disco, cui si dà il nome di *scudo*, può anche esser di legno rivestito di un foglio di stagnuola. Per ottenere dell'elettricità libera con questo apparecchio si comincia a strofinare con una pelle di gatto la stacciata di resina, cosicchè in questa si sviluppa dell'elettricità negativa: sovrappo-
negativa: sovrappo-
stacciata lo scudo, questo, seb-

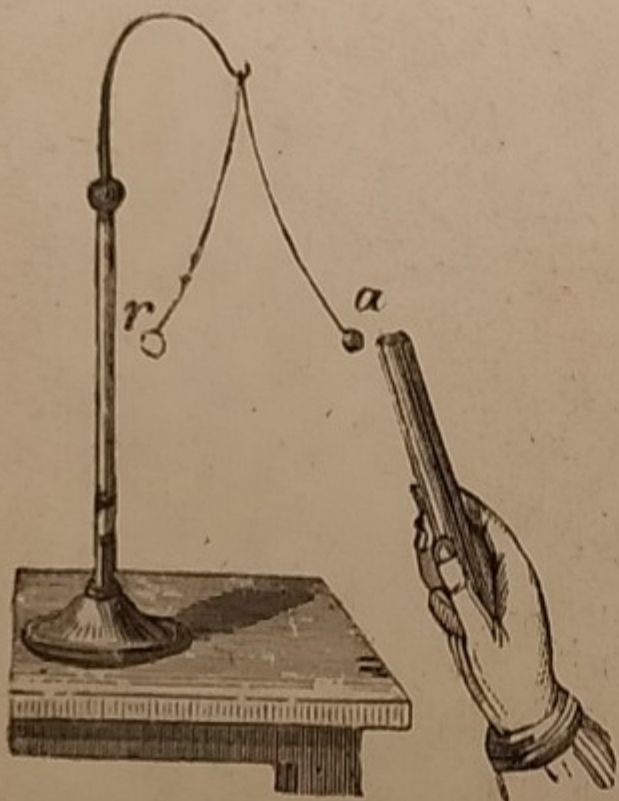


Fig. 93. Pendolino elettrico.

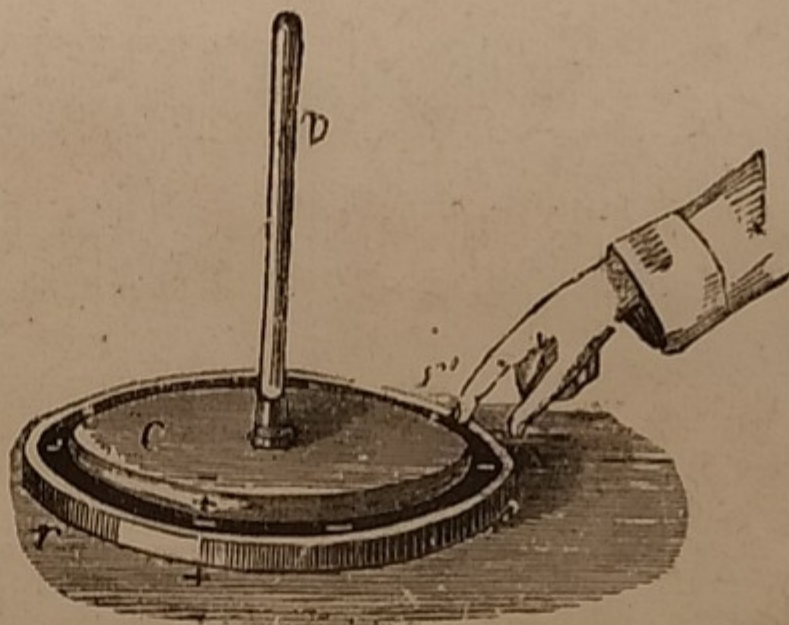


Fig. 94. Elettroforo di Volta.

bene non tolga alla resina la sua elettricità, si elettrizza, come vedremo più oltre, *per induzione*, e si carica di elettricità positiva, cioè contraria a quella della resina, nella sua faccia inferiore, quella appunto che è in contatto colla stacciata, e di elettricità negativa nella sua faccia superiore. Per avere dell'elettricità a disposizione conviene privare il disco di una delle due elettricità, e ciò si ottiene toccandolo col dito prima di staccarlo dalla stacciata, cosicchè per tal modo lo si priva della elettricità negativa, che si disperde pel suolo attraverso al corpo dello sperimentatore; alzando poi il disco, questo è carico di elettricità positiva.

L'elettroforo non dà che scariche debolissime, onde per ot-

tenere dell'elettricità in abbondanza si ricorre ad altri strumenti più complicati.

Una macchina elettrica propriamente detta consta essenzialmente di un corpo strofinante, di un corpo strofinato, e di conduttori isolati su cui si accumula l'elettricità. Nella fig. 95 rappresentiamo la macchina elettrica più nota, cioè quella di Ramsden.

Questa macchina consta di un disco di vetro MN attraver-

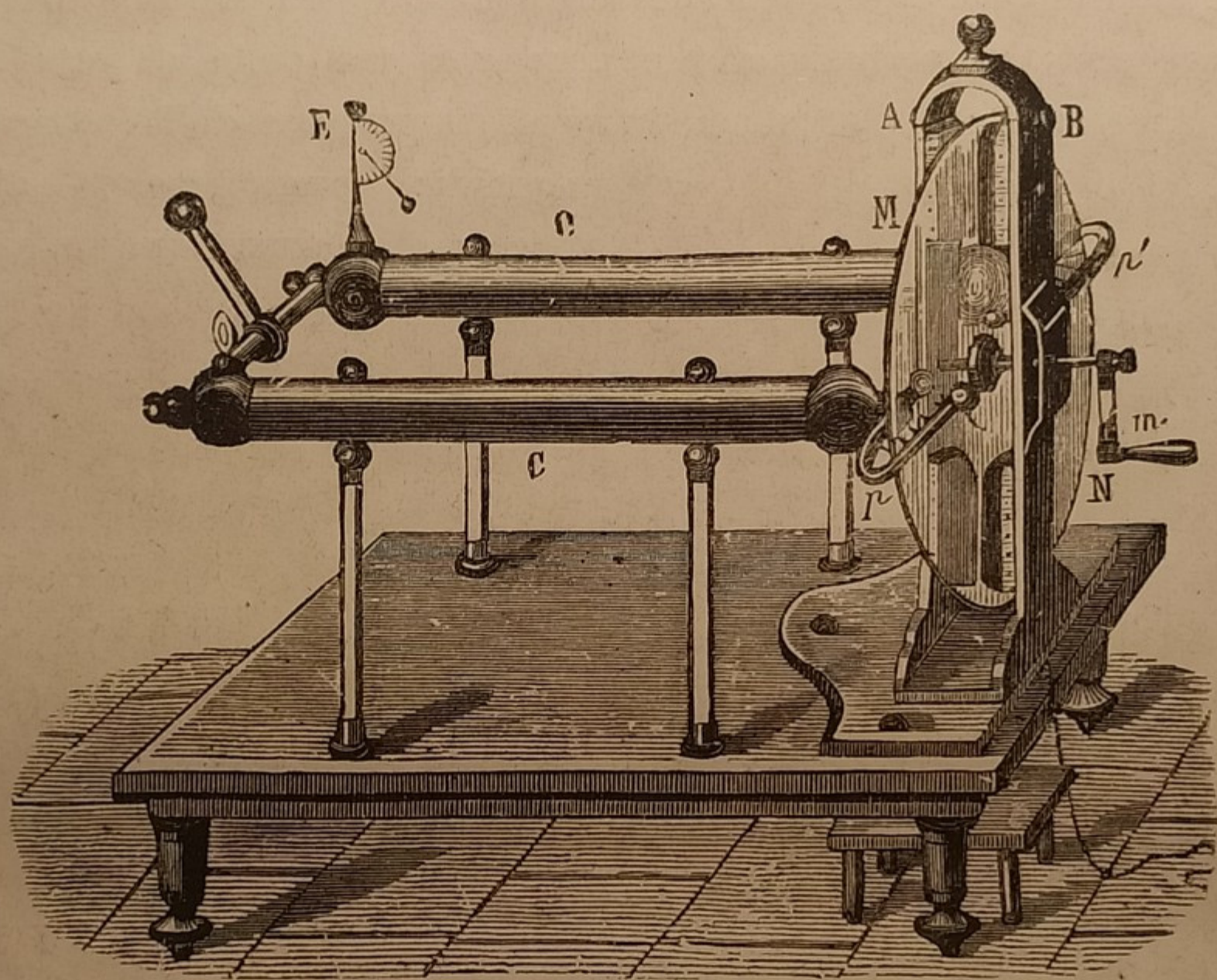


Fig. 95. Macchina elettrica di Ramsden.

sato da un asse metallico orizzontale portato da due sostegni di legno AB. L'asse e il vetro sono mossi dal manubrio *m*.

Sui sostegni di legno stanno quattro cuscini, due in basso e due in alto, i quali sono in comunicazione col suolo per mezzo di una catenella. I cuscini sono di cuoio e sono spalmati con zolfo in polvere, con piombaggine, ecc. In *p* e *p'* e *c* e *c'* vi sono i conduttori i quali sono tubi cilindrici cavi di ottone sostenuti da colonne di vetro verniciate di gommalacca. Essi sono riuniti alla loro estremità da un terzo tubo trasversale

più piccolo e si terminano con sfere affinchè non si abbiano spigoli o punte. In prossimità del disco i conduttori sono armati di aste di ottone ricurve a mo' di ferro da cavallo p, p' , le quali portano internamente varie punte dirette verso le facce del disco, e perciò si dicono *pettini*.

Facendo rotare il disco di vetro, questo per lo strofinamento si carica di elettricità positiva; i cascini si caricano di elettricità negativa, e questa si comunica al suolo; i conduttori si caricano invece di elettricità positiva: una carica positiva si trova alla loro estremità più lontana del disco, mentre i pettini acquistano una carica negativa; questa giunge tosto a grande tensione sulle punte dei pettini, e quindi avviene facilmente la neutralizzazione fra le due cariche opposte, del disco e dei pettini. Il vetro essendo ritornato allo stato naturale può, mediante un nuovo strofinamento, ricaricarsi. I positivamente conduttori rimangono sempre caricati positivamente.

Si fanno colla macchina elettrica numerose esperienze; fra le quali la più notevole è certamente quella della scintilla elettrica che si ottiene quando si avvicina ad essa un corpo conduttore in comunicazione col suolo. La lunghezza e la grossezza del tratto luminoso indica la forza della macchina.

Il *vento elettrico* si osserva ponendo la palma della mano ad una piccola distanza sopra ad una punta fissata ad un conduttore elettrizzato: ciò facendo si prova l'impressione di un soffio leggero. Ciò prova che l'aria che è vicina ad una punta subisce un impulso ed entra in movimento.

L'arganetto elettrico è costituito (fig. 96) di un cappelletto centrale, sul quale sono fissi a mo' di raggi alcuni fili di ottone ripiegati alla estremità e terminati in punta acuta. Collocando questo apparato sopra un perno in comunicazione colla macchina elettrica, appena ha luogo l'elettrizzazione l'arganetto si pone a girare in senso opposto a quello delle punte.

Lo scampanio elettrico si ottiene con un apparecchio formato da tre campanelli di ottone sopra ad un'asta orizzontale metallica. I due campanelli esterni sono sospesi per mezzo di due catenelle, e quella di mezzo è portata da un filo di seta.

Essa resta così isolata dall'asta, e tuttavia comunica col suolo per mezzo di una catena metallica. Fra i campanelli poi stanno due pallottoline di acciaio sostenute da due fili di seta (fig. 97). Messo l'apparecchio in comunicazione colla macchina elettrica si vedono i pendoli oscillare rapidamente, e si ode lo scampanio fino a che dura lo sviluppo della elettricità. Ciò si spiega facilmente. I campanelli esterni si elettrizzano positivamente ed attraggono i pendolini, poi li respingono; i pendolini vengono a contatto col campanello mediano, il quale è in comunicazione col suolo, ritornando così allo stato normale: essi vengono di nuovo attratti e poi respinti, e così di seguito.

Le macchine elettriche sono fondate sulla *induzione* elettrica, la quale consiste in ciò che un corpo



Fig. 96. Arganetto elettrico.

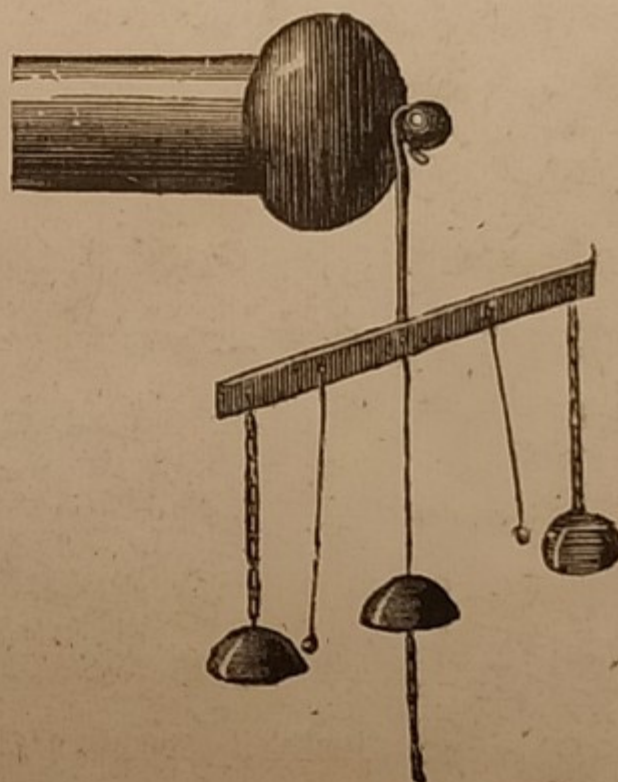


Fig. 97. Scampanio elettrico.

elettrizzato può indurre lo stato elettrico nei corpi che gli sono vicini, appunto come la calamita magnetizza il ferro dolce: il corpo che agisce per induzione vien detto *inducente* o *induttore*; l'altro, *indotto*.

L'induzione elettrica si dimostra con moltissimi sperimenti: così se si tiene a non grande distanza da un bastone di cera-lacca strofinato un elettroscopio a foglie d'oro si veggono queste divergere notevolmente (fig. 98), ciò che prova che si sono elettrizzate.

Vediamo ora quali fenomeni ci presentano i corpi elettrizzati per induzione. Vicino ad un cilindro metallico isolato mercè un sostegno di vetro e provveduto alle sue estremità di

due pendolini si ponga un corpo conduttore, per esempio una sfera metallica pur essa isolata (fig. 99). Sino a che la sfera è nelle sue condizioni naturali, i pendolini rimangono immobili: ma appena essa viene elettrizzata si veggono i due pendolini divergere più o meno. Se la carica data alla sfera C è positiva, si osserva che avvicinando al pendolino *a* un bastone di vetro strofinato, esso è attratto, mentre invece il pendolino *b* è attratto da un bastone di cera-lacca strofinato. Ciò significa che il cilindro metallico ha in A una carica negativa, e in B una positiva. Pertanto nell'estremità dell'indotto vicina all'inducente,

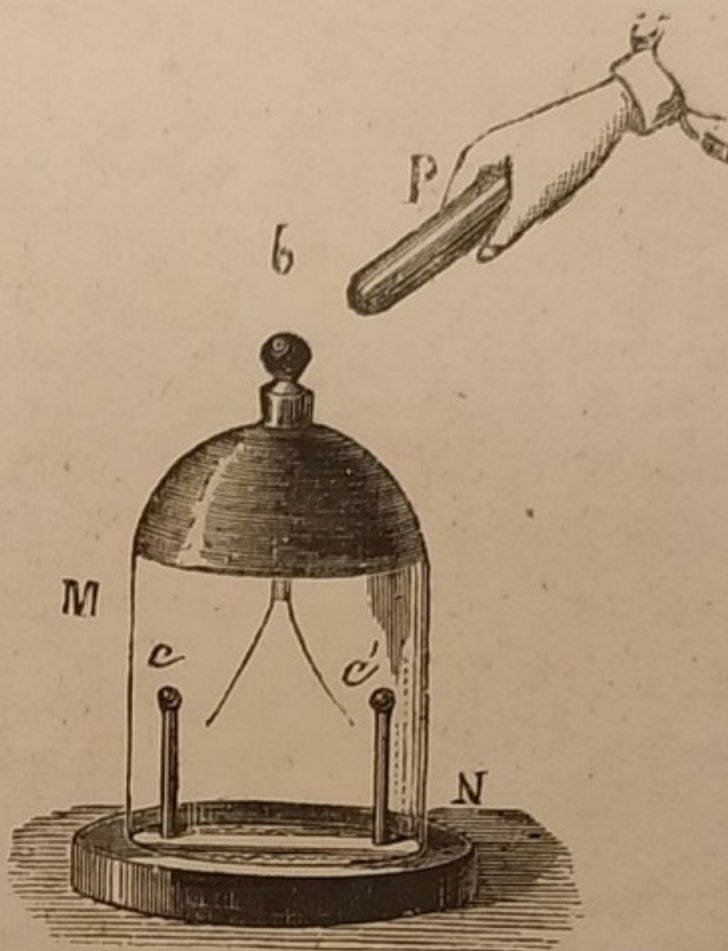


Fig. 98. Elettroscopio a foglie d'oro.

si accumula l'elettricità di nome contrario a quella dell'inducente, e all'estremità da questo più lontana si accumula l'elettricità omonima a quella dell'inducente. Appena si allon-

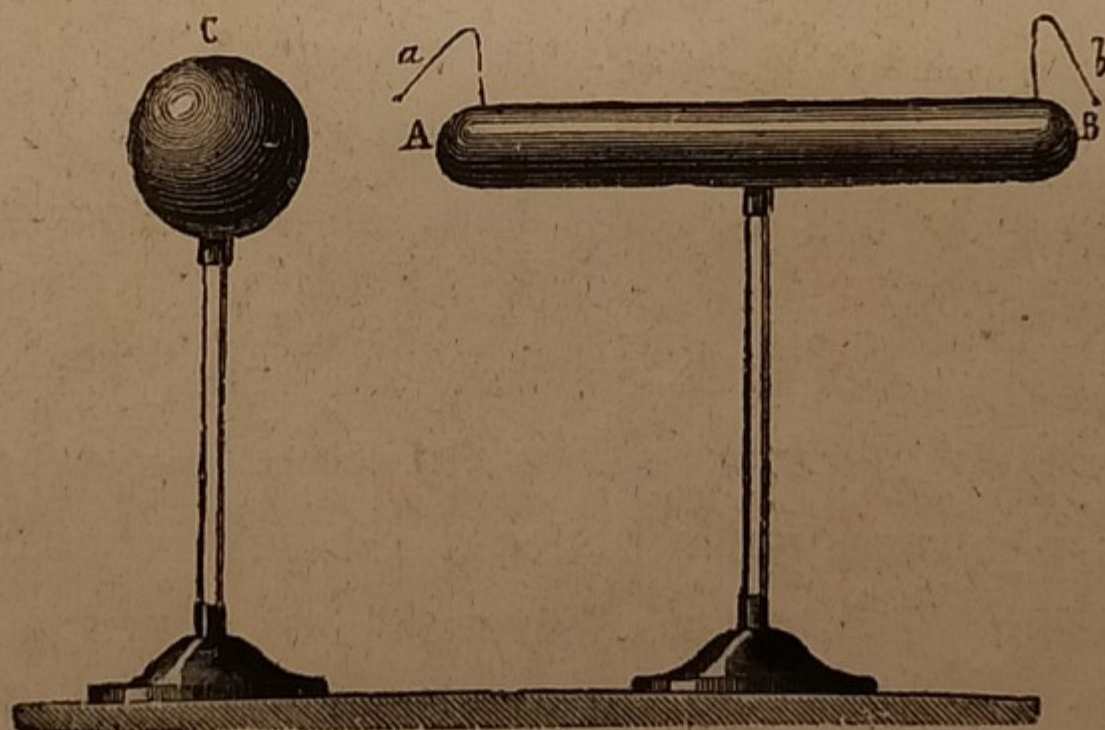


Fig. 99. Induzione elettrica.

tana l'inducente l'elettricità scompare nell'indotto, quando questo è un conduttore; quando l'indotto è un coibente si presentano varî casi, secondochè esso rimane più o meno tempo in presenza o in contatto dell'inducente.

Si dà il nome di *condensatori*, a quegli apparecchi che servono ad accumulare sopra superfici relativamente piccole delle quantità considerevoli di elettricità. Non tratteremo qui che della bottiglia di Leida.

La bottiglia di Leida, così chiamata dal nome della città dove fu inventata, ha in generale la forma di una vera bottiglia (fig. 100), a collo corto e stretto. Essa viene chiusa da un tappo di sughero attraverso al quale passa un'asta metallica che si prolunga internamente fino verso il fondo del vaso e che si termina esternamente con una piccola sfera. Nella bottiglia si pongono delle foglioline di stagnola, di rame, d'oro, ecc. Si ricopre l'esterno della bottiglia fino ad una certa altezza

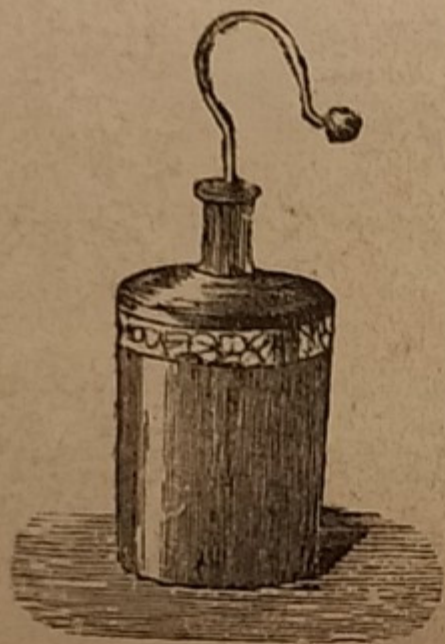


Fig. 100.
Bottiglia di Leida.

con una foglia di stagnola e si invernicia, il vetro con gomma lacca o con un'altra sostanza isolante. Nella bottiglia abbiamo l'*armatura interna* formata dalle foglioline metalliche, dall'asta e dal bottone metallico, e l'*armatura esterna* formata dalla foglia di stagno posta al di fuori.

La bottiglia di Leida si carica ponendo l'armatura esterna in comunicazione col suolo mediante una catenella e si presenta il bottone al conduttore della macchina elettrica. Girando il disco le armature si caricano a poco a poco di elettricità.

Per scaricare la bottiglia si tocca con una parte dello scaricatore (fig. 101) (strumento formato, come mostra la figura, di due aste di ottone unite insieme a cerniera tenute da due manichi isolatori) l'armatura esterna e si avvicina l'altra al bottone della bottiglia. Si ottiene così una scintilla dovuta alla neutralizzazione delle cariche.

Per avere maggiori effetti si riuniscono insieme varie bottiglie di Leida nel modo che mostra la fig. 102 e si ha allora una batteria elettrica.

I fenomeni elettrici che abbiamo veduto sinora si riducono essenzialmente ad attrazioni e ripulsioni; si dà il nome di *elet-*

tricità statica a quella che si manifesta a noi in tal modo; essa è caratterizzata inoltre da ciò che si distribuisce sempre alla superficie dei corpi conduttori. Ma vi ha un'altra serie di fenomeni elettrici assai più complessi, in quanto che l'elettricità qui si propaga nell'interno dei conduttori e dà luogo ad una *corrente elettrica*: questa serie di fenomeni viene ascritta alla *elettricità dinamica*. Avvertiamo subito che questa distinzione è molto artificiale, e non ha che un valore al tutto relativo.

Non è facile il definire la corrente elettrica se non si vuol ricorrere all'ipotesi dei fluidi elettrici. Se abbiamo due conduttori, uno carico di elettricità negativa e l'altro carico di elettricità positiva, e li mettiamo in comunicazione mercè un filo

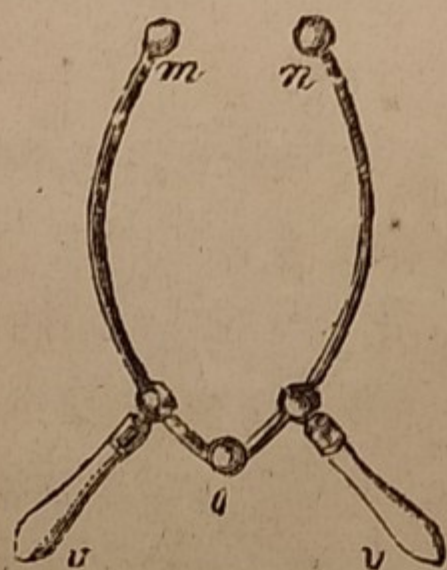


Fig. 101. Scaricatore.

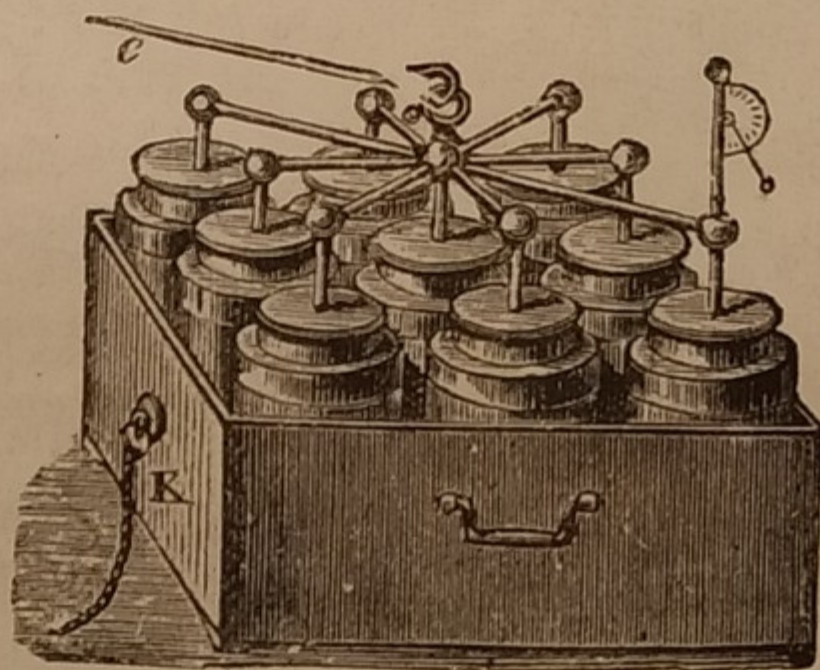


Fig. 102. Batteria elettrica.

metallico, attraverso a questo filo ha luogo una ricombinazione delle due elettricità: tuttavia questo filo non si può dire *elettrizzato* in quanto che non se ne possono trarre scintille, non attrae ne respinge; in una parola, non possiede elettricità libera. Il filo tuttavia che si trova in queste condizioni può produrre effetti considerevolissimi, onde non è nello stato ordinario naturale. Un filo metallico che si trova in questa condizione, cioè che in ogni sua sezione vi ha ricomposizione delle due elettricità, si dice che è attraversato da una corrente elettrica.

Da questa definizione si vede che per ottenere una corrente elettrica basta avere due sorgenti di elettricità contrarie e un filo che le riunisca; anche colla macchina elettrica comune si

può avere una corrente, perchè basta metterla per mezzo di un conduttore in comunicazione col suolo, che funziona come sorgente di elettricità eteronima di quella della macchina, onde quando questa è in azione nel conduttore vi ha luogo una ricomposizione di elettricità contrarie: ma la corrente che si otterrebbe in questo modo è debolissima, onde si ricorre ad altri apparati, che sono le *pila*.

Alessandro Volta aveva osservato che due dischi, uno di zinco e l'altro d'argento, isolati e posti in contatto, acquistano cariche elettriche contrarie. Egli pensò di riunire parecchi di tali dischi per avere una sorgente di elettricità, e così fu condotto alla costruzione della pila.

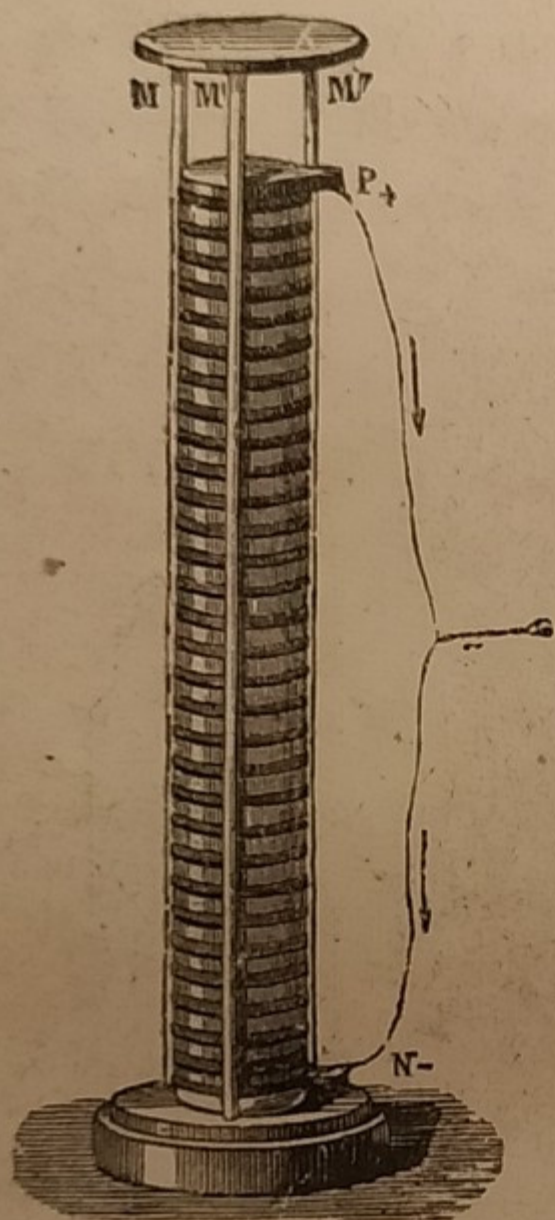


Fig. 103.
Pila a colonna.

La pila costrutta per la prima volta dal Volta è la pila detta *a colonna*.

Essa consta (fig. 103) di un certo numero di dischi eguali di rame e di zinco saldati insieme a due a due costituendo tante coppie. Questi dischi si soprappongono gli uni agli altri in modo che gli stessi metalli non si tocchino; fra una coppia e l'altra si mette un pezzo di cartone o di panno bagnato con acqua salata od acidulata. Questa colonna di dischi è tenuta insieme ed è sostenuta da tre colonnette di vetro infisse superiormente ed inferiormente in due dischi di legno. Il primo disco in alto è di zinco; l'ultimo in basso è di rame. Si dà il nome di *poli* a questi dischi esterni. Ad essi si riuniscono dei fili metallici detti *reofori* o *elettrodi*. Il polo positivo trovasi dal lato verso il quale sono volti i dischi di zinco della pila, il polo negativo dal lato verso il quale sono volti i dischi di rame.

Se si avvicinano ai poli della pila in azione dei corpi leggeri essi non vengono attratti, e da essi non si ottengono scin-

tille poichè la tensione è debolissima; all'opposto ciò si può ottenere dalla *macchina elettrica*, in cui la tensione è notevolmente maggiore. La differenza fra le macchine elettriche e le pile è essenzialmente questa: le pile danno molta elettricità a piccola tensione, mentre le macchine elettriche ne danno in quantità molto minore, ma a grande tensione.

Riunendo i due poli della pila PN col legare insieme i reofori si ha la corrente.

Dopo la scoperta del Volta si costrussero moltissime altre pile; noi ne accenneremo qui alcune fra le più importanti.

Il Wollaston fissò tutti gli elementi di una pila di Volta so-

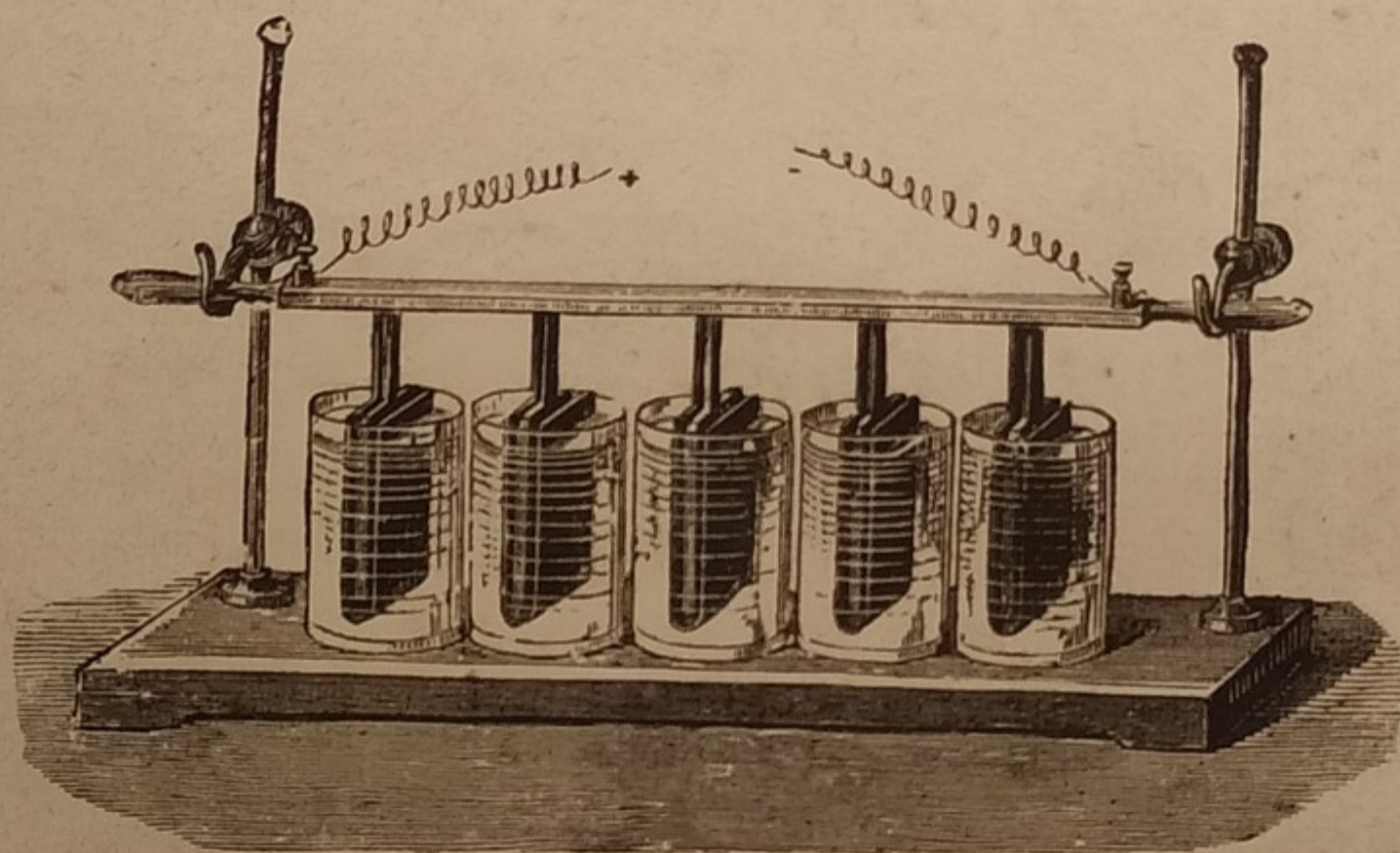


Fig. 104. Pila di Wollaston.

pra ad un regolo orizzontale in modo da poterlo sollevare ed immergerle tutte ad un tempo entro a vasi di vetro pieni di acqua acidulata con $\frac{1}{16}$ di acido solforico ed $\frac{1}{20}$ di acido azotico. Egli si servì di lastre di zinco molto estese e incurvò le lastre di rame intorno ad esse avvolgendole senza tuttavia toccarle (fig. 104). Il Wollaston accrebbe così notevolmente l'energia della pila.

Il Volta aveva creduto che la forza elettromotrice risiedesse nel contatto di due metalli eterogenei, mentre invece essa ha origine dall'azione chimica del liquido acido sui metalli stessi, poichè l'azione chimica sviluppa elettricità.

Partendo da questo principio Daniell, Davy, Grove, Bunsen ed altri inventarono varie sorta di pile.

Nella pila di Bunsen abbiamo (fig. 105) un vaso *V* esterno di maiolica inverniciata, una lastra di zinco piegata a cilindro *Z*, la quale porta saldata una lastrina di rame che forma l'elettrodo negativo della pila. Internamente alla lastra di zinco si colloca un vaso *D* di porcellana porosa. Entro a questo è un cilindro fatto del carbone che si estrae dalle storte del gas-luce; esso porta una lastrina di rame che serve di polo positivo. Nel primo vaso si pone l'acqua acidulata; nel secondo si mette dell'acido azotico.

Ora ecco ciò che accade in questa pila: l'acqua è decomp-

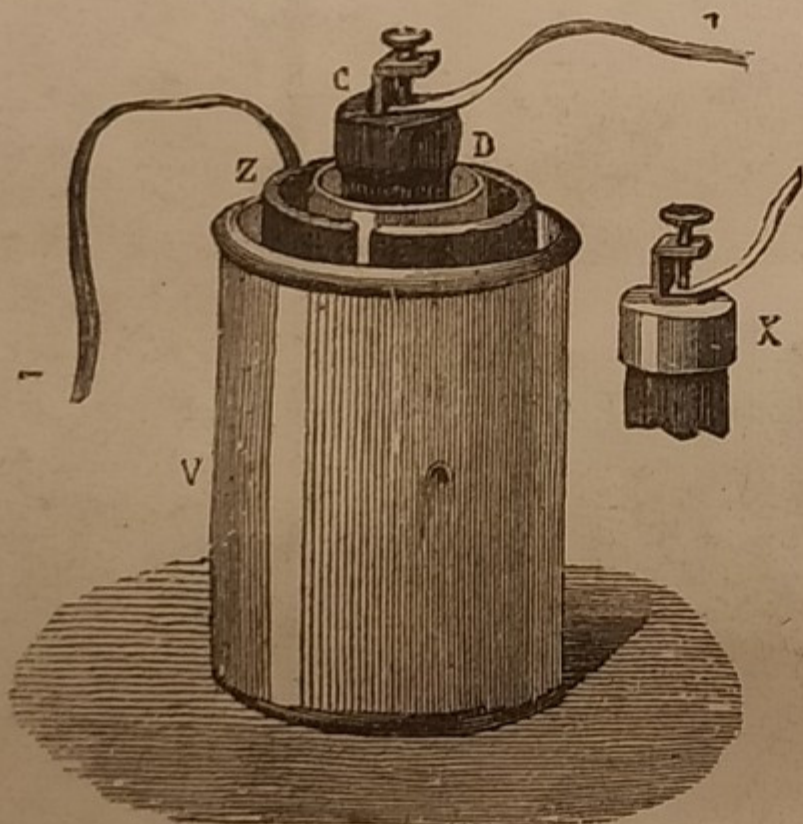


Fig. 105. Pila di Bunsen.

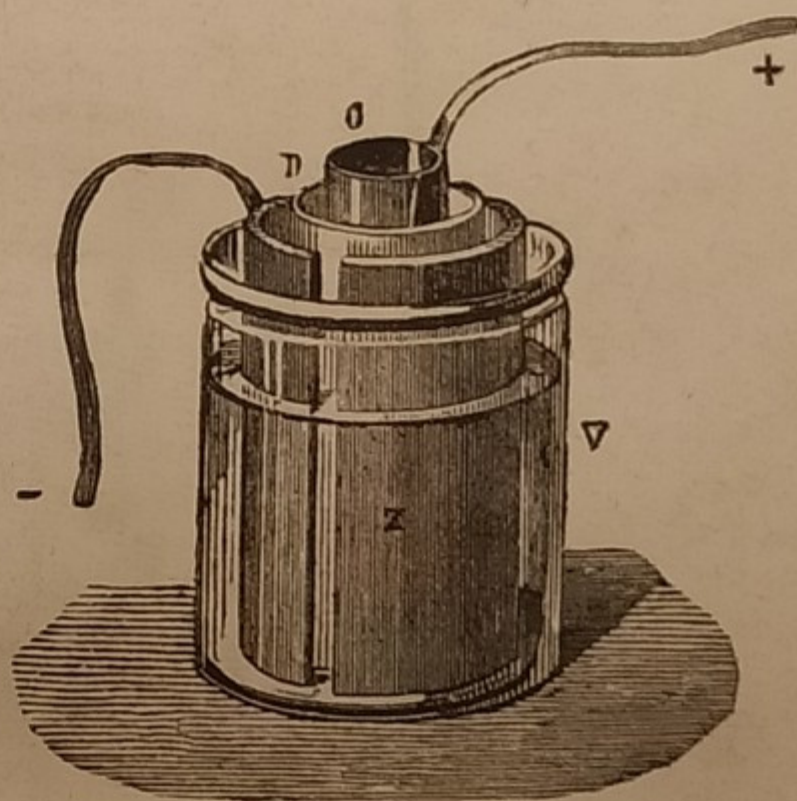


Fig. 106. Pila di Daniell.

posta nel vaso *V* dal metallo e dall'acido solforico con formazione di solfato di zinco. Lo zinco si elettrizza negativamente e diviene il polo negativo: l'acqua acidulata si elettrizza invece positivamente: l'elettricità positiva passa attraverso al vaso poroso nell'acido azotico, e di là sul carbone che diventa così il polo positivo. L'idrogeno proveniente dalla decomposizione dell'acqua decompone l'acido azotico trasformandolo in acido ipoazotico e formando acqua.

Per accrescere l'intensità della corrente si riuniscono insieme molte coppie simili a quella ora studiata, in modo che il primo carbone *O* forma il polo positivo e l'ultimo zinco *Z* forma il polo negativo della batteria.

La pila di Daniell (fig. 106) consiste in un vaso V, generalmente di vetro, che contiene acqua acidulata con acido solforico, e in questo liquido è immerso un cilindro cavo di zinco Z, aperto alle due estremità e fesso longitudinalmente. Dentro a questo manicotto di zinco si trova un vaso di terra poroso D, permeabile alle sostanze gazoze: questo vaso è pieno di una soluzione satura di solfato di rame, destinata a ricevere una lamina di rame C anch'essa ripiegata cilindricamente e fessa longitudinalmente, come il manicotto di zinco. Al rame C e allo zinco Z è saldata una striscia di rame, e le due strisce formano gli elettrodi della pila. Abbiamo adunque qui due scompartimenti, separati da un setto poroso e permeabile ai gas. Ecco ora quello che avviene quando la pila è in attività.

Nel vaso V l'acqua si decompone e lo zinco si elettrizza negativamente e il liquido positivamente. La carica positiva del liquido attraversa il diaframma poroso e attraverso al solfato di rame si porta sul rame (C) della coppia, che ne diventa quindi il polo positivo. L'idrogeno che risulta dalla decomposizione dell'acqua passa attraverso alle pareti porose del vaso D, e si trasporta sul solfato di rame, cui decompone, riducendone l'ossido, cioè prendendone l'ossigeno e ripristinando il rame metallico: quest'ultimo messo in libertà si depone sul rame C. L'acido solforico che risulta dalla decomposizione del solfato di rame, come pure l'ossigeno dell'acqua, sono trasportati allo zinco, cui trasformano in solfato.

Siccome la soluzione di solfato di rame si indebolisce continuamente a motivo della decomposizione del sale, così vi si mettono dei cristalli di solfato, i quali si sciolgono a misura che l'azione chimica esaurisce la soluzione, e la ripristinano allo stato di saturazione. Il solfato di zinco che si accumula nel vaso V si toglie per lo più mediante un sifone che pesca nel fondo del vaso, dove scende la soluzione di solfato di zinco, che ha un peso specifico notevole.

La pila di Daniell ha il vantaggio di conservare una costanza notevole per molto tempo, ma l'energia della corrente da essa prodotta non è grande. Per ottenere una corrente più

poderosa si usano le pile di Grove e di Bunsen, e specialmente quest'ultima come più economica.

Dicevamo sopra che il filo percorso della corrente è capace di produrre effetti considerevolissimi: si dividono questi in effetti *chimici*, *fisici* e *fisiologici*, e sono realmente assai più notevoli di quelli delle macchine elettriche a motivo della continuità dell'azione.

Gli effetti chimici sono i più importanti, poichè l'esperienza dimostra che nessun corpo composto può resistere all'azione di una corrente, quando questa possa attraversarlo, senza ve-

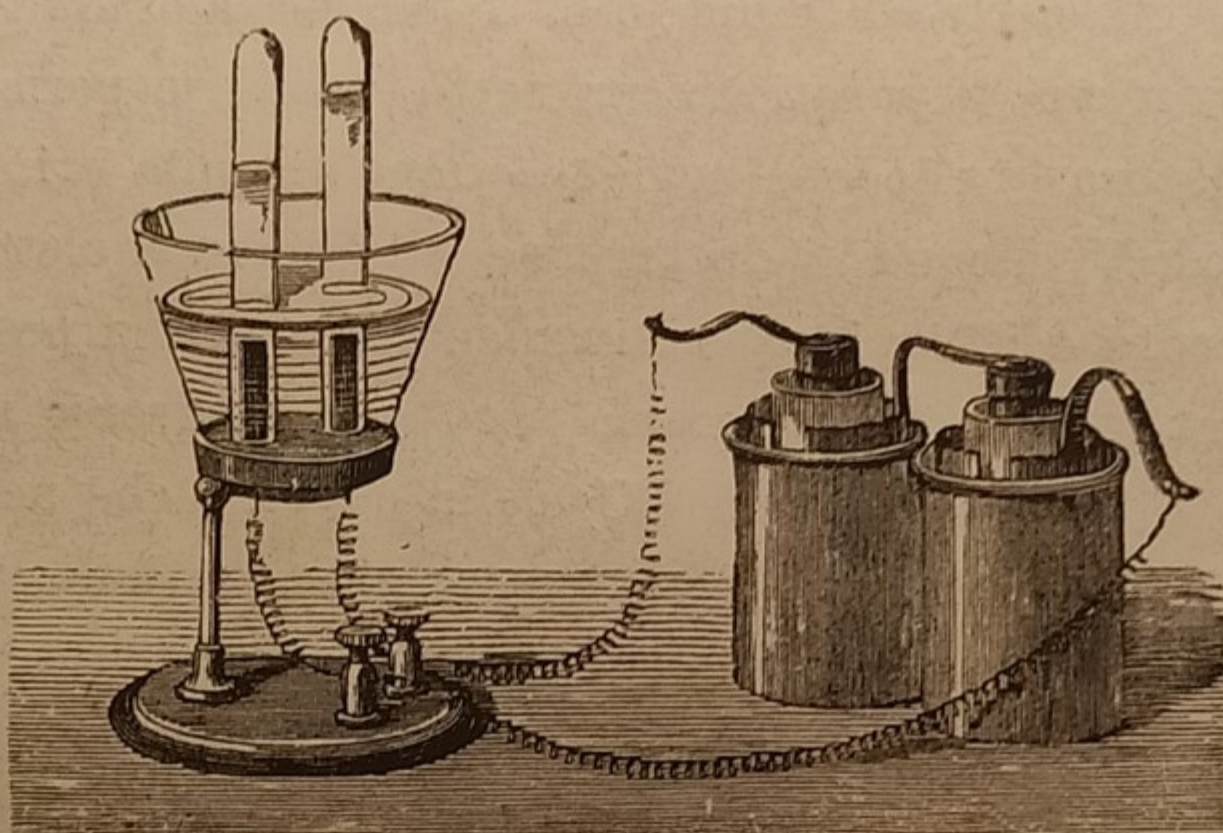


Fig. 107. Voltmetro.

nir scomposto: questo fenomeno vien detto *elettrolisi*, ed *elettroliti* le sostanze che possono venir decomposte dalla corrente.

Le esperienze di elettrolisi si possono fare, e si fanno veramente nel maggior numero dei casi, con uno strumento chiamato *voltmetro* (fig. 107), il quale consiste in un recipiente di vetro sul fondo del quale sono stati praticati due fori per cui passano due fili di platino terminati da due laminette, e suscettivi di venir messi in comunicazione cogli elettrodi di una pila. Ecco ora come si procede per decomporre, ad esempio, l'acqua: si riempie il recipiente con acqua acidulata con acido solforico (se l'acqua fosse pura, si richiederebbe una quantità di coppie grandissima), e si capovolge sopra ciascuna delle lamine di platino una campanella piena d'acqua e si chiude il

circuito, cioè si fa arrivare ai due fili di platino la corrente mettendoli in comunicazione cogli elettrodi di una pila. Appena ciò è fatto, si vedono le due lamine di platino rivestirsi di bollicine gasose, che a mano a mano si raccolgono nella parte superiore di ciascuna campanella, facendo abbassare il liquido.

Sulla lamina di platino che è in comunicazione col polo positivo della pila, e che per ciò chiameremo *elettrodo positivo*, si svolge dell'ossigeno, mentre sull'elettrodo negativo si svolge l'idrogeno, di cui il volume è doppio di quello dell'ossigeno.

Se all'acqua acidulata si sostituisce una soluzione concentrata di un acido e di un sale, questo viene decomposto, sebbene in modo vario, a seconda del numero, della disposizione e della affinità reciproca degli elementi del corpo composto.

Si dà il nome di *calamita naturale*, o *pietra magnetica*, o *ma-*



Fig. 108. Sbarra calamitata.

gnete, ad un minerale di ferro che risulta dal miscuglio di due ossidi di ferro (Fe^3O^4), tanto abbondante in natura da servire all'estrazione del ferro: questo minerale ha la proprietà di attirare il ferro e l'acciaio, come pure il nichelio e alcuni pochi altri metalli. La causa di questi fenomeni viene detta *magnetismo*.

Le proprietà del magnete naturale sono note da tempi antichissimi, ma non fu se non dopo che si riuscì a magnetizzare l'acciaio, per modo di formare la *calamita artificiale*, con cui si fanno verghe di forma regolare, che fu possibile studiare metodicamente il magnetismo: in quello che verremo dicendo parliamo sempre di calamite artificiali.

Se si colloca una calamita artificiale in forma di una spranga rettilinea dentro a della limatura di ferro, si vede quest'ultima attaccarsi alle due estremità della sbarra formandovi come un

fiocco, mentre lo strato di limatura va diminuendo dalle due estremità verso il mezzo della sbarra, tanto che la regione mediana della calamita ne è interamente sprovvista (fig. 108). Qualunque sbarra calamitata presenta sempre, posta nelle stesse condizioni, questi fenomeni di attrazione, i quali si producono pure quando fra il ferro e la calamita siano interposte delle sostanze estranee, un foglio di carta, una lamina di vetro, ecc.

I due punti della calamita in cui si accumula la limatura di ferro vengon detti i *poli* della calamita, e sono i punti in cui la forza attrattiva è massima; la regione dove la limatura non

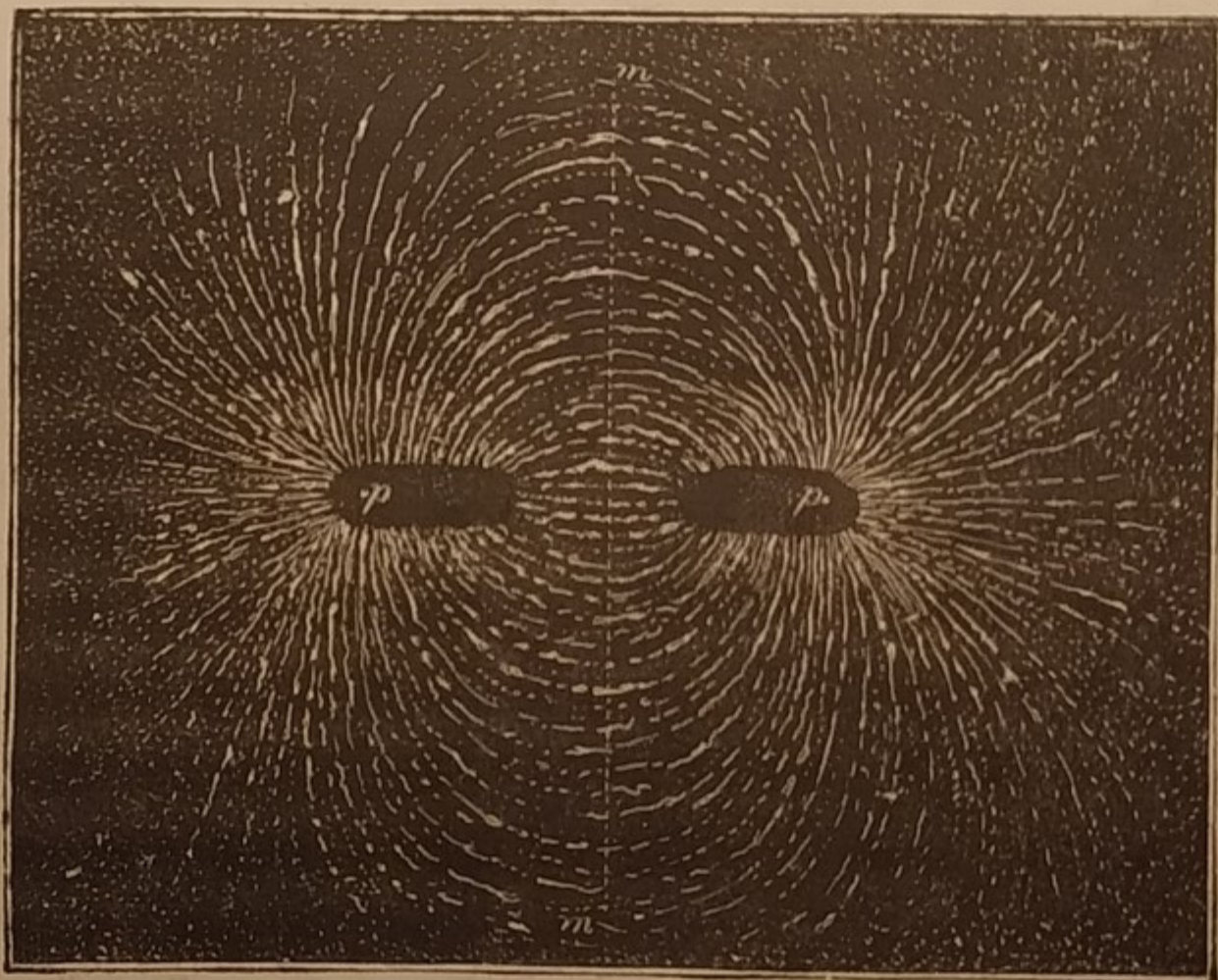


Fig. 109. Poli magnetici.

aderisce, e dove quindi la forza magnetica è nulla, forma la *linea neutra*. I poli e la linea neutra si possono riconoscere anche meglio ponendo la calamita sopra un foglio di carta, e lasciandovi cader sopra lentamente e dall'alto della limatura di ferro: questa per la maggior parte si dispone verso le estremità, segnando sulla carta delle linee curve, come mostra la fig. 109.

Un'altra proprietà importantissima della calamita si è questa, che se si dispone la calamita in modo che possa muoversi liberamente essa assume naturalmente una certa posizione rispetto ai punti cardinali, e uno dei suoi poli si volge verso il

nord e l'altro verso il sud, e rimuovendola da questa posizione e poi abbandonandola dopo un certo numero di oscillazioni essa vi ritorna: per far questa esperienza si adopera un *ago magnetico*, cioè un ago d'acciaio calamitato sospeso pel suo centro di gravità ad un filo o appoggiato ad un'asta verticale o sopra un sughero, come nelle fig. 110, 111 e 112. Si è convenuto di chiamare *polo nord* o *polo boreale* dell'ago magnetico quello che si volge a nord, e *polo sud* o *polo australe* quello che volge a sud.

Un altro fatto ci prova ancora che i due poli della calamita, sebbene entrambi attraggano la limatura di ferro, non hanno le stesse proprietà, ed è che se si presenta un polo di una

calamita ai due poli dell'ago, si vede che uno di essi è respinto, mentre l'altro è attratto, e se si presenta all'ago l'altro polo della calamita succede il fatto in-

verso, cioè il polo che prima era attratto è respinto, e

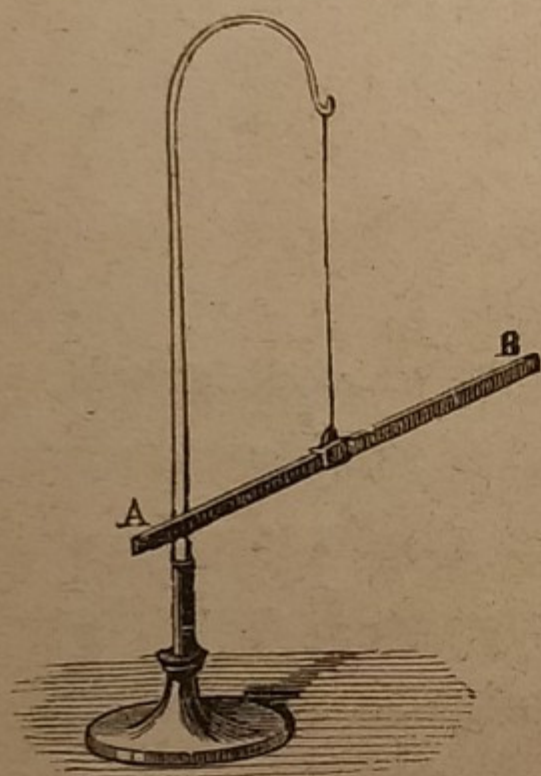


Fig. 110.

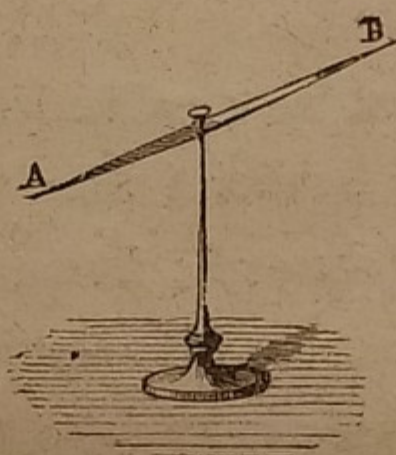


Fig. 111.

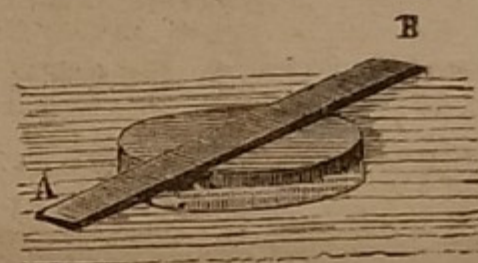


Fig. 112.

reciprocamente. I poli dello stesso nome si respingono, e i poli eteronimi si attraggono: ossia il polo nord di un ago magnetico respinge il polo nord dell'altro ago mentre ne attrae il polo sud e reciprocamente.

Da quanto abbiain detto sinora è facile vedere la differenza fra i *corpi magnetici* e i *corpi magnetizzati*: i primi son quelli che vengono attratti alle calamite, e gli altri son quelli che hanno acquistato la proprietà di attrarre i corpi magnetici. Un corpo non magnetico e non magnetizzato non agisce in nessun senso sull'ago; se il corpo è magnetico e non magnetizzato lo attrae, e finalmente se è magnetizzato attrae un polo e respinge l'altro.

I corpi magnetici, e in particolare il ferro dolce, hanno la proprietà di magnetizzarsi, cioè di diventar vere calamite, quando vengon accostati al polo di una calamita, questo fatto generale vien detto *induzione o influenza magnetica*.

Si constata questo fatto col seguente esperimento: si abbia

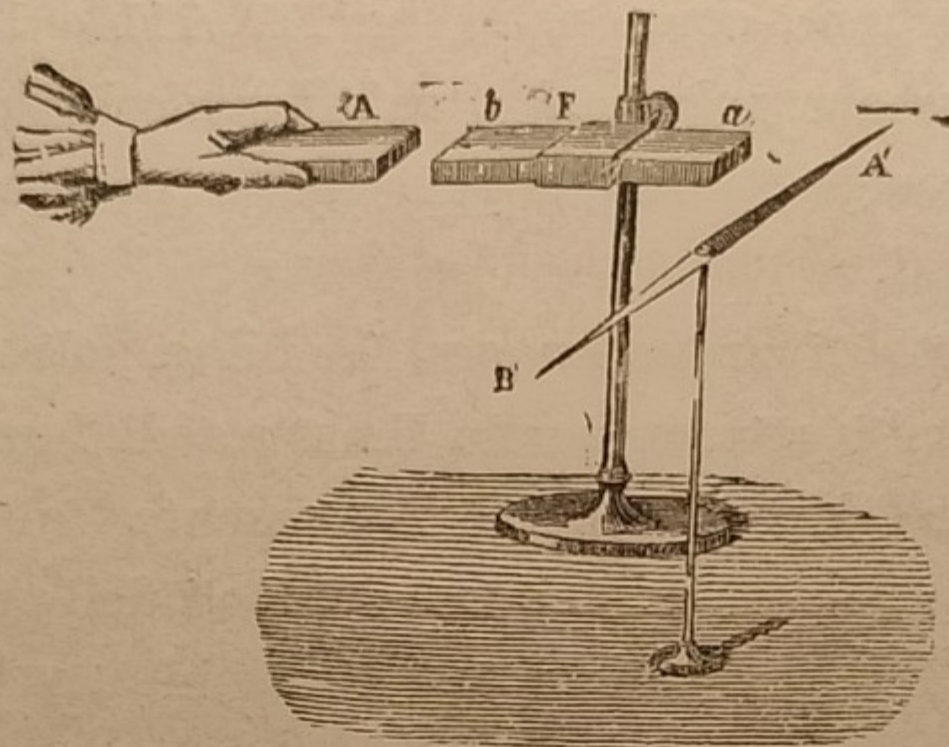


Fig. 113. Induzione magnetica.

una sbarra di ferro dolce $a\ b$ (fig. 113), sopra un sostegno F , e vicino alla sbarra sia un ago calamitato $A'\ B'$; abbiassi ancora una calamita A e la si avvicini alla sbarra $a\ b$ in modo che presenti a questa il polo nord; immediatamente si vede l'ago che aveva il suo polo nord volto verso a , allontanarsi nella di-

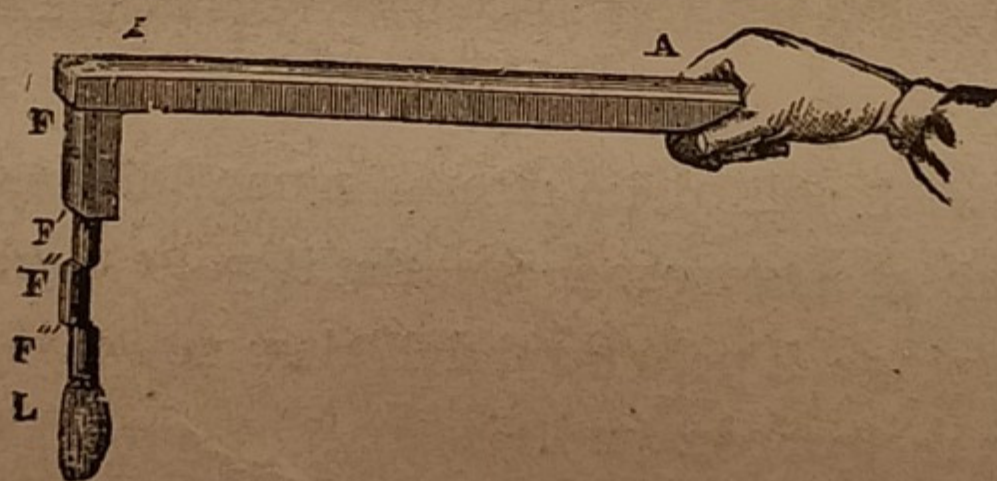


Fig. 114. Induzione magnetica.

rezione indicata dalla freccia, ciò che prova che nella sbarra di ferro nel punto a si è generato un polo nord, simile a quello della calamita A . La sbarra adunque si è calamitata per induzione, e il polo dello stesso nome di quello della calamita è all'estremità più lontana da questa, e il polo eteronimo, cioè di nome diverso, è all'estremità più vicina.

Un altro fatto che dipende pure dalla induzione magnetica è la così detta *catena magnetica*. Se ad un polo B (fig. 114) di una calamita si avvicina un cilindretto di ferro dolce F, questo ne è attratto e vi si attacca, magnetizzandosi per modo da diventare una calamita che ha il polo del nome di quello della calamita alla estremità libera, per cui avvicinandola alla limatura di ferro questa vi aderisce. Se invece della limatura gli si avvicina un secondo cilindretto F', questo vi si attacca pure, ed ha come il primo il polo del nome di quello della calamita all'estremità libera e può quindi sostenere un terzo cilindretto F'', e questo a sua volta un nuovo F''', che come gli altri ha la facoltà di avvolgersi di limatura. La serie dei cilindri dipende dalla forza della calamita, di cui tuttavia la forza non scema menomamente per questa aggiunta.

In questi due esperimenti, e in altri analoghi, si osserva sempre un fatto importante, ed è che non appena si allontana la calamita dalla sbarra di ferro dolce, l'ago ritorna ad essere attratto, ciò che significa che la sbarra ha perduto la sua qualità di calamita; parimente, nel secondo sperimento, staccato il primo cilindretto, tutti gli altri precipitano, cessando all'istante ogni potere attrattivo in essi. Ciò si esprime dicendo che il ferro dolce si magnetizza solo *temporaneamente*. Se all'opposto in luogo del ferro dolce si adopera nei due sperimenti sopradetti l'acciaio (cioè ferro combinato con un po' di carbonio) si vede che la forza magnetica sviluppata per induzione è minore, ma non scompare più interamente allontanando la calamita, tanto che i cilindretti possono ancora restare aderenti anche staccato il primo dalla calamita. In altre parole l'acciaio si magnetizza *permanentemente*.

Su questa proprietà dell'acciaio sono fondate le calamite artificiali, per cui naturalmente non serve il ferro dolce; tuttavia per ottenere una buona calamita non basta il semplice contatto di un capo della sbarra d'acciaio col polo di una calamita, ma si richiede che questa la tocchi in tutti i suoi punti.

Oggi che mediante l'elettricità, come vedremo più oltre, si ottengono calamite potentissime, si è riconosciuto che non solo

il ferro, l'acciaio, e quei pochi metalli che abbiamo detto sopra hanno proprietà magnetiche, ma bensì che *tutti* i corpi risentono l'azione della calamita.

Questa azione si manifesta in due maniere diverse, essendo cioè attratti, come l'acciaio, il ferro, ecc., oppure respinti: i primi corpi vengono detti, come già sappiamo, *magnetici*, gli altri *diamagnetici*. Al primo gruppo spettano la maggior parte dei metalli, cioè, oltre ai già detti, il cromo, il manganese, il molibdeno, ecc.; fra i diamagnetici vien primo il bismuto, poi l'antimonio, il zinco, il rame, l'oro, ecc.; sono pure tali quasi tutti i metalloidi.

L'orientarsi dell'ago magnetico secondo una data posizione, cioè il suo dirigersi approssimativamente da nord a sud, è dovuto evidentemente alla azione della terra, la quale opera come una calamita naturale.

Tra gli effetti fisici della corrente il più importante tanto dal punto di vista teorico quanto, e specialmente, per le applicazioni pratiche, è l'azione che essa esercita sulla calamita, che mostra l'identità fra i fenomeni magnetici e gli elettrici. Quando una corrente elettrica passa vicino ad una calamita abbastanza mobile in un piano parallelo alla corrente, la calamita è deviata dalla sua posizione di equilibrio nel piano del meridiano magnetico, e tende a mettersi nella direzione perpendicolare a quella della corrente.

La scoperta di questo fatto è dovuta ad Oersted, fisico danese, che nel 1819 eseguiva l'esperimento seguente che porta il suo nome: sopra un ago magnetico orizzontale si dispone un filo di rame orizzontale isolato su colonne di vetro e suscettivo di esser percorso dalla corrente: posto l'apparato nel piano del meridiano magnetico (fig. 115), il filo di rame e l'ago sono paralleli. Appena introdotta la corrente nel filo, si vede l'ago deviare più o meno a seconda dell'intensità della corrente, e se questa è tale che la forza del magnetismo terrestre sia trascurabile rispetto alla sua azione, l'ago si dispone perpendicolarmente al filo.

La parte da cui devia la punta dell'ago, dipende dalla posi-

zione e dalla direzione della corrente e possono presentarsi quattro casi: se la corrente è sopra all'ago la punta nord di questo si volge ad ovest, se la corrente è diretta da sud a nord: mentre se questa è diretta da nord a sud la punta dell'ago si volge ad est; se invece la corrente è sotto all'ago, la punta nord dell'ago volge ad est se la corrente è diretta da sud a nord, e volge ad ovest se la corrente è diretta da nord a sud.

Per semplificare l'enunciato di questi quattro casi si ricorre ad una convenzione: si immagini distesa sul filo una persona in modo che la corrente entri sempre pei piedi ed esca pel capo, e che abbia la faccia rivolta verso l'ago magnetico; per brevità si chiamino *destra* e *sinistra della corrente* la destra e la sinistra della persona collocata nel modo suddetto: in tali con-

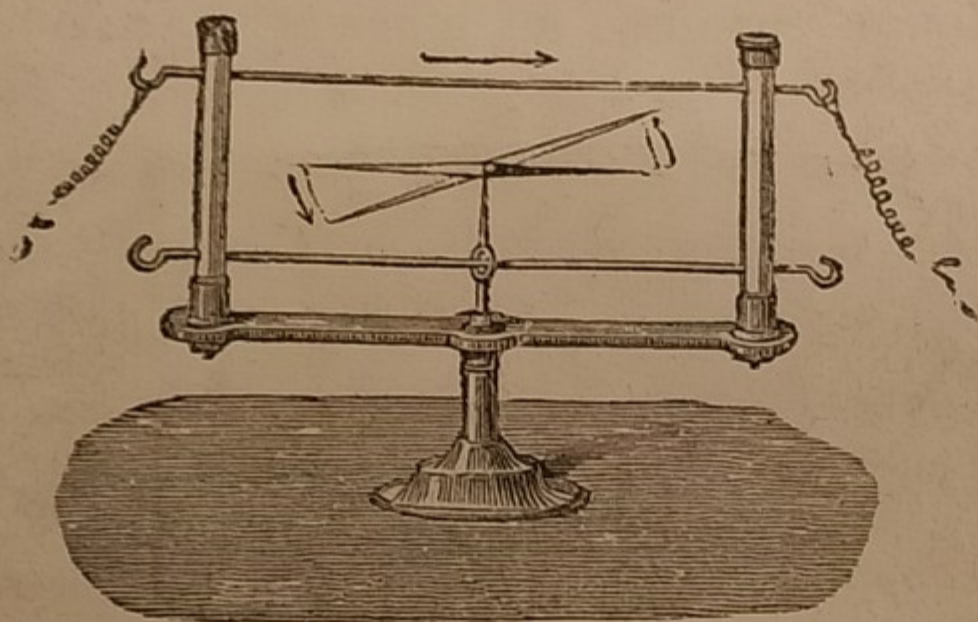


Fig. 115. Azione della corrente sulla calamita.

dizioni la punta nord dell'ago, cioè quella che si volge verso il polo nord della terra, *si volta sempre a sinistra della corrente*.

Un altro fatto che collega ancora l'elettricità col magnetismo è questo che un filo metallico attraversato da una corrente elettrica acquista proprietà magnetiche, poichè tiene attaccata la limatura di ferro, che cade immediatamente appena cessa la corrente. Inoltre la vicinanza di una corrente elettrica eccita il magnetismo nei corpi magnetici: così una spranga di acciaio attorno a cui è avvolto a spira un filo di rame rivestito di seta, si magnetizza se il filo è percorso dalla corrente anche per un tempo brevissimo. Per tal modo si possono costruire delle calamite artificiali permanenti assai forti.

Se invece dell'acciaio si adopera il ferro dolce, non si hanno

gli stessi fenomeni che abbiamo veduto rispetto al magnetismo, poichè anche colla corrente il ferro dolce non si calamita che temporaneamente, cioè cessa il suo potere attrattivo col cessare della corrente. Avvolgendo il filo di un grande numero di giri, si ottengono delle calamite potentissime, molto superiori per potere attrattivo alle artificiali, ma l'importanza di questo fatto, della magnetizzazione temporanea del ferro dolce consiste specialmente nelle applicazioni pratiche, poichè su esso si fondano i motori elettrici, e specialmente i telegrafi e i telefoni.

I telegrafi sono apparati con cui per mezzo della corrente elettrica si trasmettono dei segnali a grandi distanze. Nelle varietà dei meccanismi secondari, i telegrafi elettrici hanno questo di comune che son tutti fondati sulla trasmissione intermittente di una corrente ad una elettro-calamita lontana.

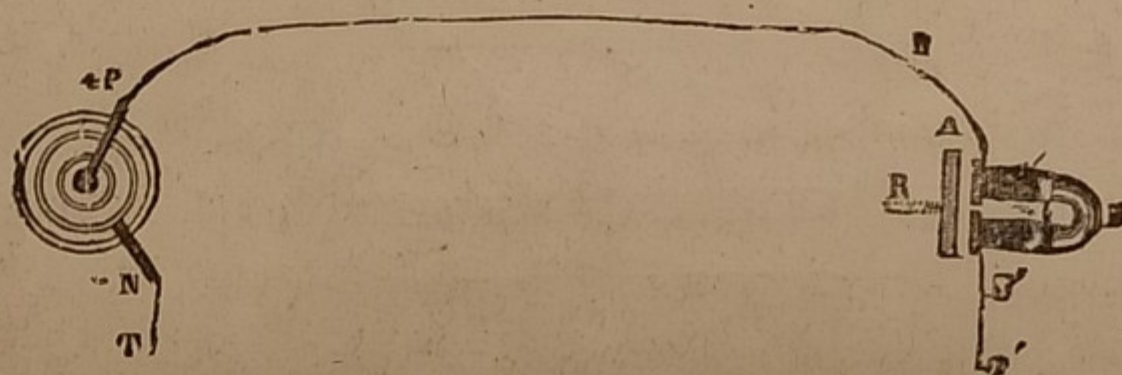


Fig. 116. Telegrafo elettrico.

I maggiori perfezionamenti recati al telegrafo ai nostri giorni riguardano principalmente il ricevitore, che nel telegrafo di Hugues stampa direttamente il dispaccio.

Telegrafo. — Una linea telegrafica considerata nel suo complesso consta delle parti essenziali seguenti: 1.^o di una pila; 2.^o dei fili conduttori; 3.^o di un apparato destinato a trasmettere i segnali, detto *manipolatore*; 4.^o di un apparato destinato a ricevere i segnali, detto *ricevitore*.

Il telegrafo elettrico ridotto alla massima semplicità consta di un elettro-magnete E (fig. 116) posto in una delle due stazioni; dei due capi del filo dell'elettro-magnete F F', uno, F, attraversa una distanza più o meno lunga e viene ad unirsi nell'altra stazione al polo positivo di una pila: l'altro, F', è in

comunicazione colla terra: come pure si mette in comunicazione diretta colla terra il polo negativo N della pila ora menzionata. Ciò facendo si risparmia il secondo filo, poichè la terra stessa fa da conduttore. Davanti all'elettro-magnete e ad una piccola distanza v'è una lastrina di ferro dolce A, detta *âncora*, munita di una leggera molla a spirale R.

Ponendo in attività la pila, la corrente passa pel filo conduttore; l'elettro-magnete attrae a sè l'âncora A: interrompendo la corrente l'âncora non è più attratta, ed è ricondotta alla posizione di prima dalla molla: con una serie di interruzioni e di passaggi si produce un movimento di oscillazione nella piastrina di ferro. Combinando i movimenti prodotti dalle alternative di passaggio e di chiusura con segnali che possono essere lettere di alfabeto o segni convenzionali, si ha il mezzo di corrispondere celeremente a grandi distanze.

Il filo che unisce le stazioni telegrafiche varia secondochè la linea telegrafica è aerea, sotterranea o sottomarina. Nelle linee aeree esso è grosso e di ferro galvanizzato. Questo filo è sostenuto tratto tratto da pali ed è isolato mediante sostegni di porcellana. Nelle linee sotterranee vi è un filo simile, ma avvolto da uno strato di guttaperca che lo isola dal suolo. Nelle linee sottomarine la cosa è molto più complessa e si ha un vero cavo contenente i fili trasmettitori.

Una applicazione recente ed importantissima della elettricità è quella del telefono, mediante il quale si può trasmettere a notevole distanza la parola stessa col suo timbro e i suoi caratteri particolari.

Il telefono Bell è molto semplice: in esso il manipolatore ed il ricevitore sono identici.

La parte sensibile è una piastra di ferro P (fig. 117 e 118) libera al suo centro ed appoggiata al margine. Essa è collocata a piccola distanza dalla estremità di una verga calamitata A disposta in direzione normale alla piastra e circondata alla sua estremità anteriore da un rocchetto di filo fino, di cui le estremità comunicano coi fili conduttori $f f'$.

Per le piccole distanze i due fili rimangono uniti: per le

grandi uno dei fili si fa comunicare col suolo e l'altro forma il filo trasmettitore.

Quando si parla all'imboccatura del manipolatore le vibrazioni sonore sono trasmesse alla piastra P che si avvicina e si allontana dal polo della calamita; la sua *calamitazione per influenza* aumenta quando essa si avvicina e diminuisce quando

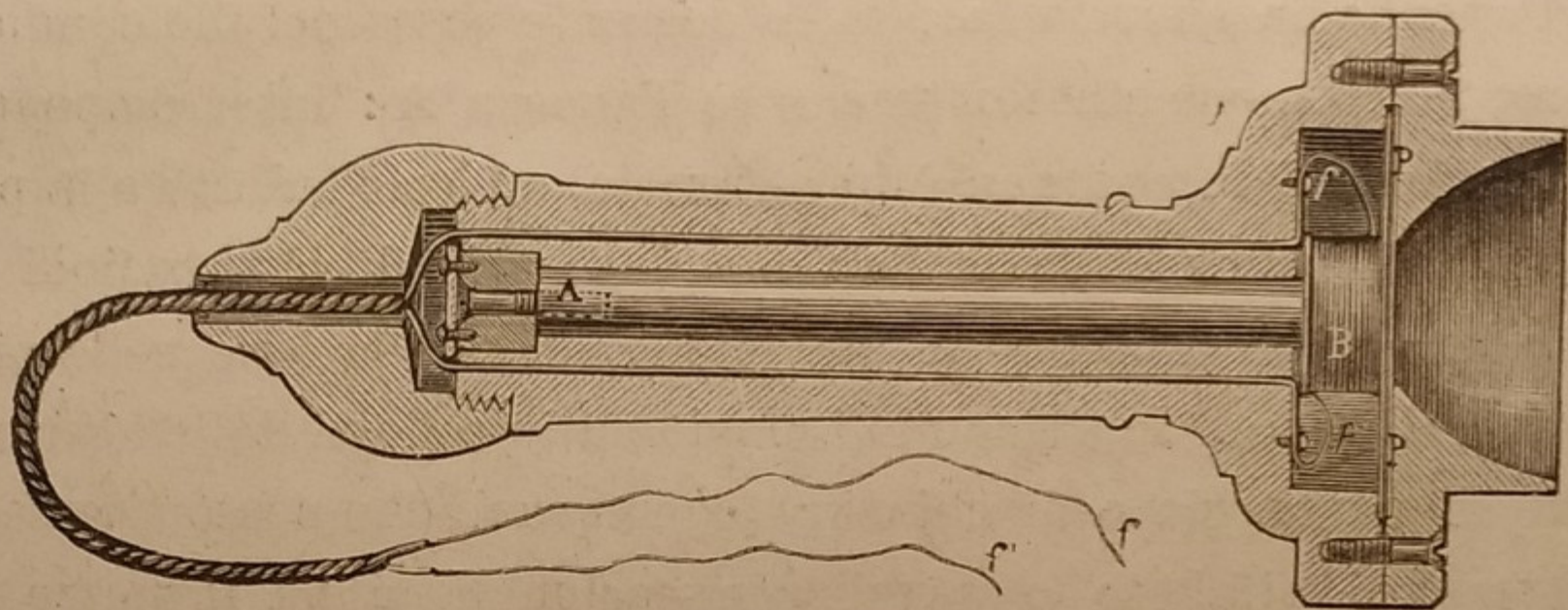


Fig. 117. Telefono.

si allontana. La corrente così prodottasi cambia direzione a ciascuna vibrazione semplice della membrana. Ne viene da ciò che il filo della linea è attraversato da altrettante correnti dirette ed inverse quante sono le vibrazioni doppie fatte dalla membrana. Ciascuna di queste correnti aumenta o diminuisce il magnetismo della calamita del ricevitore e l'attrazione che questa esercita sulla membrana p' corrispondente. Questa mem-

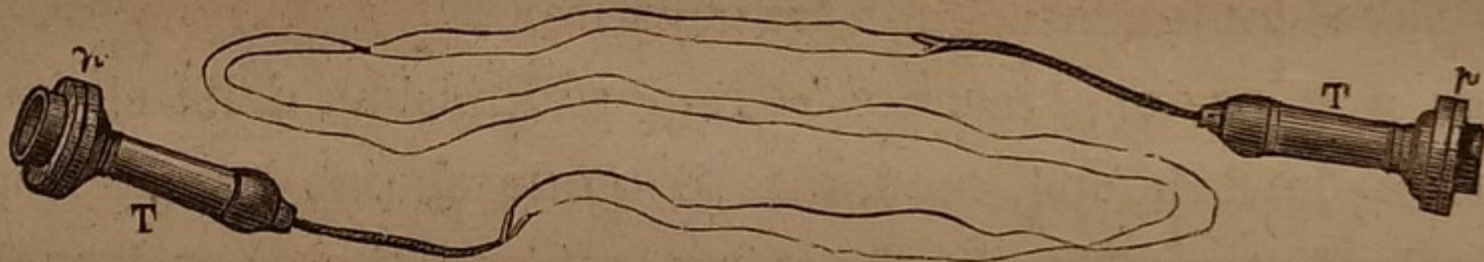


Fig. 118. Telefono.

brana vibra anch'essa perciò, come vibra la membrana p del manipolatore.

Si sono fatte dopo la scoperta del Bell, e si vanno facendo tuttora, molte modificazioni al telefono in modo da renderlo realmente pratico. Al giorno d'oggi si hanno nelle principali città numerose linee telefoniche collegate con un ufficio centrale, il quale mette in comunicazione diretta gli abbonati allo stesso sistema di linee che vogliono comunicare telefonicamente fra loro.

Sia per l'uso del telegrafo, sia per l'uso del telefono è d'uopo di avvertire il ricevitore della spedizione del dispaccio. A questo scopo si fa uso di una sveglia o campanello, o suoneria elettrica che dir. si voglia. Togliamo dal Milani la descrizione del campanello più in uso (fig. 119). Entro ad una scatola di legno è posto un elettromagnete a ferro di cavallo, dinanzi ai poli del quale vedesi un cilindro cavo di ferro dolce L, sostenuto inferiormente da una lamina sottile d'acciaio C, e recante all'estremità superiore un martello M, che deve colpire sulla

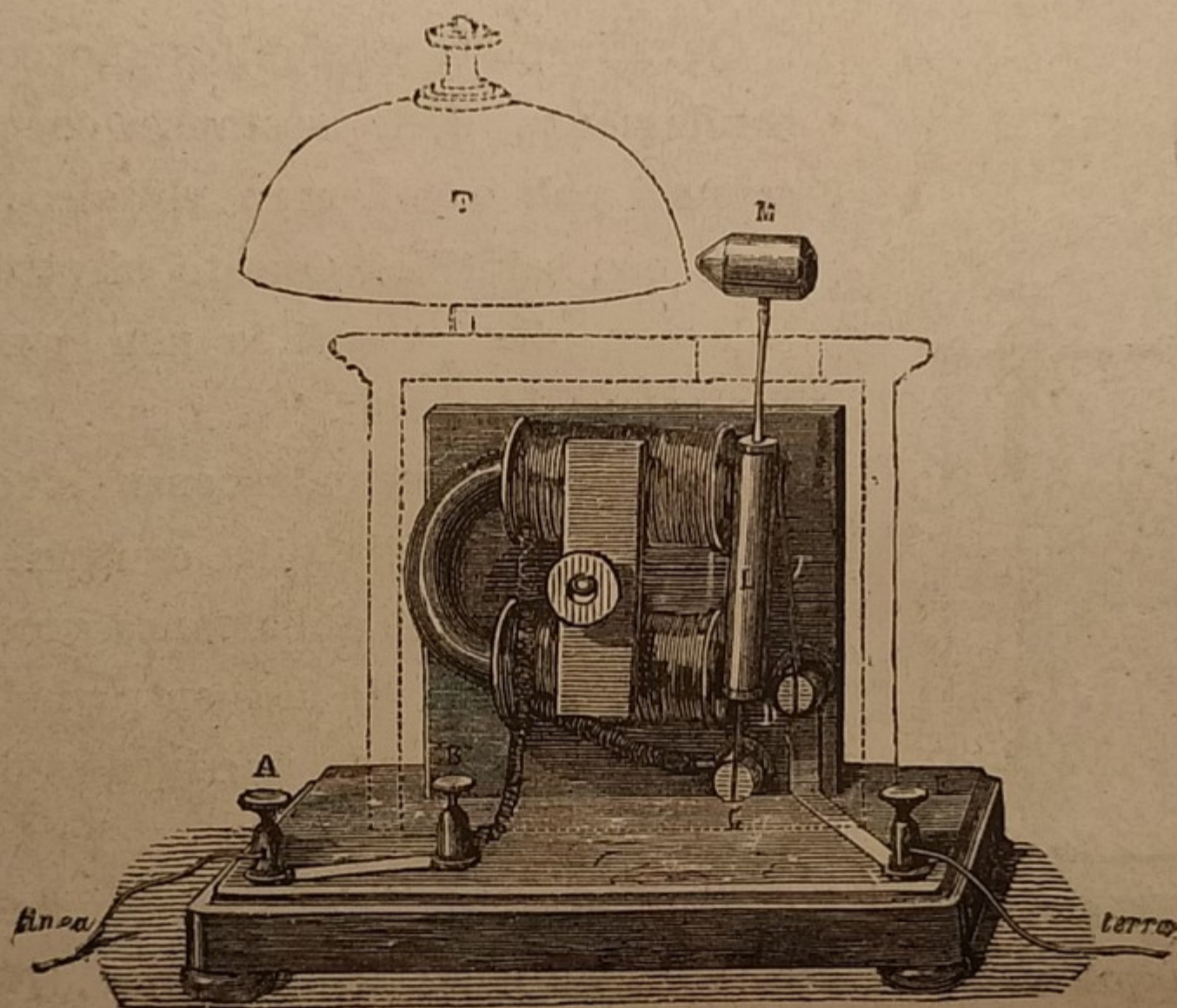


Fig. 119. Sveglia.

campanella metallica T. Nello stato ordinario il cilindro cavo sta allontanato dai poli dell'elettro-magnete, ed appoggia contro alla molla *r* fissata al bottone D, il quale bottone è in diretto rapporto col piuolo E e colla terra. La corrente della linea giunge dal piuolo A, percorre il filo dell'elettro-magnete, e quindi si reca al bottone C, al cilindro L, e da questo alla molla *r*, al bottone D ed al suolo. Ma il passaggio della corrente magnetizzando l'elettromagnete, il cilindro è attratto, si stacca dalla molla *r* ed il circuito è così interrotto; appena però si sospende il passaggio della corrente, l'elettromagnete cessa

di attrarre il cilindro L, il quale, ricadendo sulla molla, viene a chiudere di nuovo il circuito. Ristabilita la corrente, il cilindro L è di nuovo attratto, il martello colpisce una seconda volta sulla campanella, poi ricade ancora e così via via.

Il passaggio della corrente attraverso ad un conduttore è sempre accompagnato da sviluppo di calore, che è più o meno sensibile, ma inseparabile dal passaggio della corrente: insieme col calore si svolge pure della luce, che può raggiungere una intensità grandissima.

Questi effetti si manifestano colla incandescenza delle sostanze che riuniscono i poli o coll'arco voltaico, come pure con scintille. Queste si ottengono solo con pile potenti, e non sono mai molto considerevoli.

La luce per incandescenza si ottiene unendo i poli della pila con un filo di ferro o di platino abbastanza grosso per non essere fuso. Il filo entra in incandescenza producendo una luce vivissima. L'arco voltaico finalmente si ha facendo comunicare i due elettrodi con due coni di carbone coke disposti uno di fronte all'altro, come mostra la fig. 120.

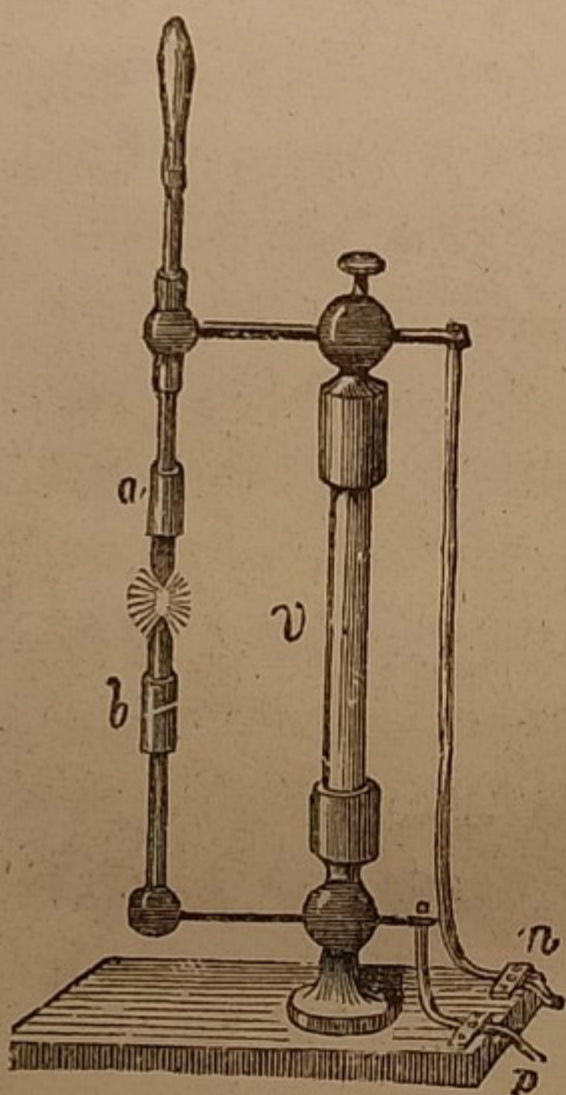


Fig. 120. Arco voltaico.

Mettendo i due carboni a contatto e facendo passare la corrente essi si fanno incandescenti. Se si allontanano allora di due o tre millimetri si ha fra l'uno e l'altro un arco luminoso straordinariamente intenso, che dicesi *arco voltaico*.

Si sono cercati e si cercano anche oggi attivamente i mezzi migliori per far servire l'elettricità alla illuminazione, e si è di già fatta a questo proposito grande strada. Gli apparecchi illuminanti si fondano ora sull'arco voltaico, ovvero sono ad incandescenza.

La lampada elettrica più semplice di questa ultima categoria

è quella americana, la quale è formata da un carbone avvolto a spira racchiuso in una boccia di vetro in cui si fa il vuoto. Il carbone al passaggio della corrente si fa incandescente producendo una luce vivissima senza consumarsi.

Sulla proprietà che ha la corrente di decomporre i sali metallici è fondata la *galvanoplastica*, che è l'arte di modellare i metalli precipitandoli dalle loro soluzioni saline con una lenta corrente elettrica.

Il processo fondamentale della galvanoplastica è abbastanza semplice. Si fa un modello in incavo dell'oggetto che si vuole riprodurre in metallo con zolfo, stearina, o meglio ancora con guttaperca. Ottenuta la forma incavata si ricopre internamente di un sottile strato di piombagine destinato a condurre l'elettricità, e si avvolge il suo orlo con un sottile filo di rame. Si riunisce poi questo filo di rame (fig. 121) al polo negativo di una pila e si immerge entro un cassetto di guttaperca contenente una soluzione satura di solfato

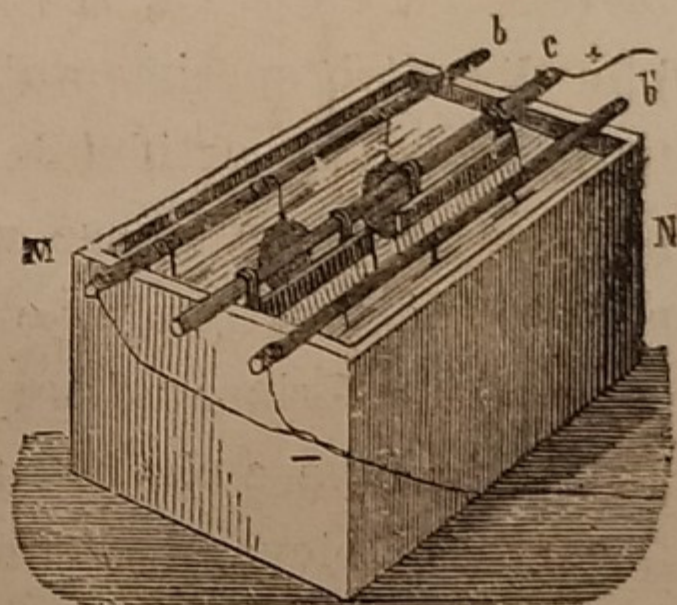


Fig. 121. Apparecchio per la galvanoplastica.

di rame. La forma diventa l'elettrodo negativo. Nella stessa soluzione si immerge una lastra di rame, la quale unita al polo positivo della pila diventa l'elettrodo positivo.

Messa in azione la pila, la corrente scompone il solfato di rame e trasporta il rame sull'elettrodo negativo, l'acido e l'ossigeno vanno all'elettrodo positivo. Sulla forma il rame si deposita in tutte le più piccole incavature e così riproduce in rilievo il modello. Colla galvanoplastica si possono riprodurre con ogni esattezza medaglie, incisioni, statue, ecc.

Con un analogo mezzo si può ricoprire un oggetto di rame o di ottone con uno strato più o meno spesso di oro o di argento: basta per ciò collocare il pezzo da ricoprirsi al posto della forma, cioè l'elettrodo negativo, e immergere il tutto in una soluzione

contenente sali di oro e di argento, come cianuro d'oro o cianuro di argento sciolti nel cianuro di potassio.

L'atmosfera non è mai totalmente priva di elettricità, la quale tuttavia ordinariamente rimane latente. La quantità di elettricità, contenuta nell'aria, varia a seconda dell'altezza e della stagione.

Oltre all'elettricità naturale durante il tempo calmo, la quale non raggiunge mai una grande tensione, è pure degnissima di studio quella delle nubi temporalesche, di cui sono universalmente noti i funesti effetti. L'idea di spiegare il tuono e il lampo come fenomeni elettrici nacque non appena fu scoperta la scintilla elettrica, ma fu solo nel 1752 che Beniamino Franklin dimostrò sperimentalmente l'identità della elettricità ordinaria naturale e artificiale con quella delle nubi temporalesche: per questo scopo spinse verso il cielo un cervo volante di seta armato di una punta, e tenuto da una fune legata alla sua estremità inferiore ad un cordoncino di seta, che serviva ad isolare la fune e che egli teneva in mano: eccitando col correre il cervo ad elevarsi nell'aria mentre stava per scoppiare un temporale, egli si aspettava di poter trarre dalla corda elettrizzata delle scintille, e così veramente avvenne non appena la pioggia la ebbe inumidita, rendendola così atta a condurre la elettricità.

Dopo Franklin furono fatti molti e svariati esperimenti tutti collo stesso risultamento, per modo che la teoria del fisico americano fu accolta universalmente, nè è stata in seguito oppugnata.

Il *lampo* adunque non è altra cosa che una immensa scintilla elettrica, prodotta dalla scarica fra due nuvole, mentre il tuono riproduce, nelle volute proporzioni, il rumore secco che accompagna la scintilla che si trae dalla macchina elettrica. Ciò è, ripetiamo, fuor d'ogni dubbio, ma conviene spiegare le condizioni del fenomeno, perchè invero, per quanta sia la tensione elettrica delle nuvole, è difficile il credere che la scarica basti a produrre una scintilla lunga 10 o 12 chilometri e an-

che più. Secondochè si crede, ciò dipende dal fatto che la nuvola è una massa discontinua in cui l'elettricità è distribuita molto inegualmente, per cui si producono parecchie scintille continue l'una coll'altra, da cui risulta il lampo, cosicchè questo in realtà è una serie di scintille e non una scintilla sola.

Si può facilmente misurare la distanza a cui si produce il lampo: basta moltiplicare per 337, che è la velocità del suono per secondo nell'aria, pel numero dei miunti secondi trascorsi dall'istante in cui si vede il lampo e il principio del rumore del tuono; e così pure il numero dei secondi per cui questo dura, moltiplicato parimente per 337, mostra la differenza fra le distanze delle sue due estremità dall'osservatore.

Il lampo, che, come abbiamo veduto, è prodotto dalla scarica fra due nuvole, non ha alcuna conseguenza funesta per gli uomini, anzi opera a scaricare le nuvole della loro elettricità, ma pur troppo avviene sovente che la scarica abbia luogo non già fra due nuvole, ma bensì fra una nuvola e la terra, e allora la scarica prende il nome di *fulmine*. Perchè si produca il fulmine basta che una nuvola fortemente elettrizzata passi sufficientemente vicino alla terra: allora la nuvola attrae alla superficie l'elettricità contraria alla propria, e se la tensione elettrica è sufficientemente alta ha luogo la ricomposizione delle due elettricità attraverso all'aria, e il punto del suolo cui fa capo la scintilla vien *fulminato*. Nel caso del fulmine quasi sempre il tuono è un colpo unico, perchè il lampo è quasi verticale e di piccolissima lunghezza.

Da quanto abbiamo detto è chiaro che il fulmine cadrà di preferenza sui corpi posti a qualche altezza, campanili, alberi isolati, vertici di monti, navi in mare, ecc.; oltre alla elevazione ha pure per questo verso molta importanza la natura dei corpi, tanto che certe volte supera quella dell'altezza, così i corpi buoni conduttori sono molto più esposti che non i corpi cattivi conduttori.

Gli effetti del fulmine sono simili a quelli della scarica ottenuta artificialmente, se non che sono immensamente più potenti. I più gravi sono i così detti effetti fisiologici, cioè la

morte degli uomini e degli animali che ne sono colpiti. Gli effetti fisici e chimici sono principalmente la fusione dei corpi conduttori, e specialmente dei metalli; le grandi masse metalliche non sono fuse che in piccola parte, e specialmente sugli spigoli; ma i fili sono fusi e frequentemente volatilizzati del tutto; anche i corpi poco conduttori, come utensili di vetro, mattoni e similli, talora vengono fusi, ma molto meno dei metalli. I corpi poco conduttori, come materiali da costruzione, pietre, mattoni, travi e altri sono rotti, forati, trasportati in massa, o polverizzati, oppure, come dicevamo testè, imperfettamente fusi.

Per preservarsi dai danni del fulmine si muniscono gli edifizî del *parafulmine* (fig. 122) che è pure invenzione di Franklin. Il parafulmine, che consiste in una sbarra di ferro aguzza alla punta e che comunica col suolo mediante un conduttore metallico non interrotto, offre un doppio vantaggio: in primo luogo tende a diseletttrizzare la nuvola, e quindi a impedire la scarica, cioè la caduta del fulmine; quando poi la scarica avviene perchè la nuvola è troppo fortemente elettrizzata, esso la rende innocua perchè il fulmine colpirà a preferenza l'estremità della sbarra, che è più alta e meglio conduttrice del legno e della pietra o delle tegole del tetto, e poscia l'elettricità va a perdersi nel suolo seguendo il conduttore continuo che unisce la sbarra; senza questa precauzione può facilmente divenire inutile o anche trasformarsi in un vero pericolo, allorquando il conduttore metallico è troppo sottile, perchè allora facilmente vien fuso, e così pure quando nel suo percorso esiste una qualche interruzione prodotta da imperfetta saldatura o da ruggine, perchè in tal caso il fulmine segue la via più facile verso il suolo, attraversando l'edifizio in qua lunque direzione.

Un'altra meteora che quasi universalmente si attribuisce alla elettricità è la grandine, la quale proviene dalle nubi tempo-

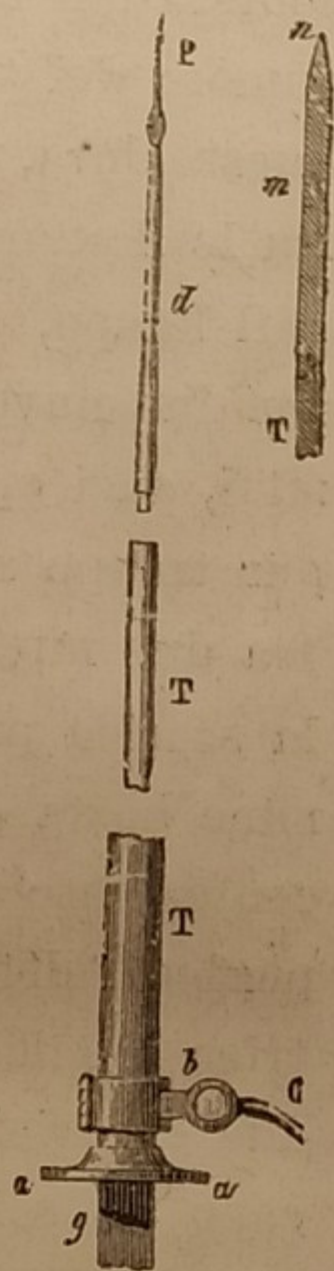


Fig. 122.
Parafulmine.

ralesche al principio o durante il temporale, mai dopo che questo è cessato. La grandine, sebbene rassomigli alla neve in ciò che non è altro se non acqua congelata, differisce tuttavia essenzialmente da essa per più riguardi. La neve mostra nelle sue forme delicate e simmetriche gli effetti della cristallizzazione non disturbata dai vapori sospesi nell'atmosfera; all'opposto i granelli di grandine rassomigliano a pezzi grossolani di ghiaccio, o forse a fiocchi di neve rammolliti da una fusione parziale e successivamente rigelati in una massa. La neve è la conseguenza di un certo grado di riduzione nella temperatura, prodotto dal mutamento di stagione; mentre la grandine si presenta più frequentemente in primavera e in estate che non in inverno.

L'origine della grandine è oscurissima, e le ipotesi immaginate per spiegarla sono tanto varie e numerose quanto insussistenti, tanto che possiamo dire che nulla fu sostituito alla antica teoria di Volta, il quale attribuiva la congelazione dell'acqua delle nuvole alla evaporazione; formatisi così i nuclei dei granelli, questi oscillano fra due nuvole vicine cariche di elettricità contrarie essendone a vicenda attratti e respinti, e crescono condensando nuovo vapore, sino a che il peso, vincendo l'azione delle forze elettriche, li precipita. Questa teoria ebbe un certo successo, ma poi fu lasciata in disparte, senza che, ripetiamo, gliene sia stata sostituita un'altra accettabile.

NOZIONI DI CHIMICA

I. — Corpi semplici e composti. — Combinazioni. — Legge delle proporzioni definite. — Differenze principali fra miscugli e combinazioni. — Cenno intorno alla nomenclatura chimica.

La chimica ha per oggetto lo studio di quella serie infinitamente varia di fenomeni i quali dipendono essenzialmente dalla sostanza dei corpi, e non si producono più, o si producono diversamente, quando si adoperano corpi di diversa natura, e che inducono nei corpi dei mutamenti che persistono anche dopo che ha cessato di agire la causa che li produce.

I corpi costituenti il globo terrestre vengono divisi in due categorie, vale a dire *corpi semplici* e *corpi composti*. Si chiamano *corpi semplici* od *elementi* quei corpi i quali con tutti i mezzi che oggidì la scienza possiede, non si possono in alcuna maniera dimostrare essere formati di più sostanze diverse. Si dicono *composti* invece quei corpi che la scienza dimostra essere formati di più sostanze diverse, le quali vengono perciò dette *componenti*. L'argento, l'oro, il ferro, il manganese, il mercurio, ecc., sono *corpi semplici*. L'acqua invece è un *corpo composto*, poichè risulta formata da ossigeno e da idrogeno.

I corpi semplici sono nello stato attuale della scienza 67 circa, riuniti nello specchietto seguente:

Nome dei corpi semplici.	Simbolo chimico.	Equivalente riferito all'i- drog. fatto = 1.	Nome dello scopritore.
1. Alluminio	Al	13,75	Wöhler nel 1827.
2. Antimonio	Sb	120,60	Basilio Valentino.
3. Argento	Ag	108,00	
4. Arsenico	As	75,00	Paracelso.
5. Azoto	Az o N	14,00	Rutherford nel 1772.

Nome dei corpi semplici.	Simbolo chimico.	Equivalente riferito all'i- drog. fatto = 1.	Nome dello scopritore.
6. Bario	Ba	68,50	H. Davy nel 1807.
7. Bismuto	Bi	106,43	
8. Boro	Bo	10,89	Gay-Lussac e Thenard nel 1808.
9. Bromo	Br	80,00	Balard di Montpellier nel 1826.
10. Cadmio	Cd	56,00	Stromeyer ed Hermann nel 1818.
11. Calcio	Ca	28,00	H. Davy.
12. Carbonio	C	6,00	
13. Cerio	Ce	47,25	Berzelius ed Hisinger nel 1809.
14. Cesio	Cs	124,00	Kirchoff e Bunsen.
15. Cloro	Cl	35,50	Scheele nel 1774.
16. Cobalto	Co	29,50	Brandt nel 1733.
17. Cromo	Cr	26,28	Vauquelin nel 1797.
18. Didimio	Di	" "	Mosander nel 1839.
19. Erbio	Er	" "	
20. Ferro	Fe	28,00	
21. Fluoro	Fl	19,00	
22. Fosforo	Ph	31,00	Brandt nel 1669.
23. Gallio	Ga	" "	
24. Glucinio	Gl	7,00	Wöhler nel 1827.
25. Idrogeno	H	1,00	Boyle nel 15. ^o secolo.
26. Ilmenio	Il	" "	
27. Indio	In	127,00	Courtois nel 1811.
28. Iodio	I	" "	
29. Iridio	Ir	98,50	Tennant nel 1803.
30. Ittrio	It	32,00	
31. Lantano	La	48,00	Mosander nel 1839.
32. Litio	Li	7,00	H. Davy.
33. Magnesio	Mg	12,00	Bussy nel 1831.
34. Manganese	Mn	27,50	Segnalato da Scheele nel 1774 e isolato poi da Gahn.
35. Mercurio	Hg	100,00	
36. Molibdeno	Mo	48,00	
37. Nichelio	Ni	29,50	Croenstedt nel 1751.
38. Niobio	Nb	49,00	H. Rose.
39. Oro	Au	98,20	
40. Osmio	Os	99,50	Tennant nel 1803.
41. Ossigeno	O	8,00	Priestley nel 1774.
42. Palladio	Pd	53,25	Wollaston nel 1803.
43. Pelopio	Pe	" "	H. Rose.
44. Piombo	Pb	103,50	
45. Platino	Pt	98,50	Introdotta in Europa da Wood nel 1740.
46. Potassio	K	39,14	Humphry Davy nel 1807.
47. Rame	Cu	31,75	
48. Rodio	Rh	52,16	Wollaston nel 1804.

Nome dei corpi semplici.	Simbolo chimico.	Equivalente riferito all'i- drog. fatto = 1.	Nome dello scopritore.
49. Rubidio	Rb	85,41	Kirchoff e Bunsen.
50. Rutenio	Ru	52,16	Clauss nel 1843.
51. Selenio	Se	40,00	Berzelius nel 1817.
52. Silicio	Si	21,00	Berzelius nel 1824.
53. Sodio	Na	23,00	Humphry Davy nel 1807.
54. Solfo	S	16,00	
55. Stagno	Sn	59,00	
56. Stronzio	Sr	44,00	H. Davy.
57. Tallio	Tl	204,00	Crookes, isolato da Lamy.
58. Tantalio	Ta	68,08	Hatchett nel 1801.
59. Tellurio	Te	64,50	Müller di Reichenstein nel 1782.
60. Terbio	Tb	" "	
61. Titanio	Ti	25,00	Gregod nel 1791.
62. Torio	Th	59,50	Berzelius.
63. Tungsteno	W	92,00	
64. Uranio	U	60,00	Peligot nel 1842.
65. Vanadio	Vd	68,50	Sefström nel 1830.
66. Zinco	Zn	33,00	
67. Zirconio	Zr	33,50	Wöhler nel 1827.

Questi corpi unendosi fra di loro danno origine alla numerosissima serie dei corpi composti. I corpi semplici unendosi fra loro, cioè *combinandosi*, seguono certe leggi fisse che accenneremo qui:

1.^o Il peso di un composto chimico è sempre eguale alla somma dei pesi dei componenti: questa è la *legge della conservazione della massa*;

2.^o In ogni combinazione chimica i componenti stanno fra loro in un determinato rapporto costante di peso. Così, ad esempio, per fare nove grammi di acqua ci vorranno sempre otto grammi di ossigeno ed uno di idrogeno. Se si impiegasse una quantità maggiore dell'uno o dell'altro componente il soprappiù resterebbe isolato. Questa legge vien detta *delle porzioni definite*;

3.^o Si riconosce sperimentalmente che talora dalla combinazione degli stessi corpi semplici risultano varî composti diversi fra loro per la differenza di rapporto fra i componenti. Questa differenza è tale che se si piglia uno dei componenti come

quantità costante, le quantità dell'altro saranno multiple della minima esistente in una delle diverse combinazioni. Così, ad esempio, 14 d'azoto si combinano con 5 diverse quantità d'ossigeno, vale a dire, 16, 32, 48, 64, 80, le quali stanno fra loro nel rapporto di 1:2:3:4:5 e formano sempre diversi composti. Questa legge vien detta *delle proporzioni multiple*.

Le ultime due leggi enunciate valgono di per sè stesse a mostrarci la differenza che vi ha fra la *combinazione chimica* e il *miscuglio*, cioè l'unione meccanica di due corpi. Nel miscuglio i corpi si possono unire in quella quantità relativa che si vuole, mentre ciò non è possibile nella combinazione. Così, per esempio, è chiaro che possiamo mescolare insieme della polvere di ferro con della polvere di solfo in un rapporto qualunque; se poi riscaldiamo sufficientemente il miscuglio si compie una combinazione fra questi due elementi: ma non si combineranno che nel rapporto di 28 parti di ferro a 16 di solfo, e quello che vi ha di più dell'uno o dell'altro corpo rimane libero.

Nel composto così ottenuto ogni più piccola parte ha la stessa composizione, e il corpo è perfettamente *omogeneo*; inoltre non si possono più separare con semplici mezzi fisici i due corpi costituenti; invece nel miscuglio possiamo separare facilmente il ferro dal solfo, sia direttamente, sia colla calamita, sia gettando lentamente la polvere nell'acqua, in cui il ferro, come più pesante, scende più rapidamente e va ad occupare il fondo.

Nel miscuglio i due corpi che lo costituiscono conservano tutte le loro proprietà, e quindi possono agire separatamente: così, ad esempio, col solfuro di carbonio possiamo sciogliere tutto il solfo del miscuglio, mettendo in libertà il ferro, su cui il solfuro non ha azione: ma una volta combinati insieme il solfo e il ferro, il solfuro di carbonio non ha più azione sul composto.

Finalmente, l'atto stesso del combinarsi dei corpi è accompagnato da fenomeni che mancano affatto nel semplice mescolarsi di essi: così alla combinazione va quasi sempre unito un maggiore o minore sviluppo di calore, talora anche di luce; inoltre non raramente vi ha una contrazione nel volume, cioè

il volume del composto è minore della somma di quelli dei componenti.

Fra il miscuglio e la combinazione propriamente detta vi ha una sorta di unione intermedia, ed è quella dei metalli: nelle *leghe*, chè così si chiama la combinazione di due o più metalli; la massa è perfettamente omogenea, e gli elementi che la compongono non si possono separare meccanicamente: ma tuttavia la combinazione non si compie in un rapporto fisso, ma bensì arbitrariamente.

Tutti i corpi composti si sogliono comprendere nelle seguenti categorie generali: *acidi*, *basi*, *combinazioni neutre* e *sali*. Gli acidi hanno la proprietà di tingere in rosso la *laccamuffa*, le basi quella di ripristinare il colore azzurro della laccamuffa arrossata da un acido; i corpi neutri non hanno nè l'una nè l'altra di queste proprietà; i sali finalmente hanno una di queste tre proprietà.

Nella scrittura dei nomi dei corpi semplici e composti si indicano semplicemente le iniziali maiuscole dei loro nomi latini, aggiungendovi una lettera minuscola del nome stesso, sempre differente, in quei corpi che hanno una stessa iniziale. Nella tavola sopra esposta dei corpi semplici ogni corpo ha segnata accanto la abbreviazione corrispondente, che vien chiamata il suo *simbolo*. Questi simboli indicano, oltrechè il corpo, anche il peso relativo secondo cui esso si combina, cioè il suo *peso di combinazione*: così, ad esempio, quando si scrive Na Cl (sal comune) non s'intende soltanto una combinazione di sodio e cloro, ma altresì due pesi che stanno fra loro come 23 a 35.5.

Quando poi un corpo contiene più atomi di alcuni o di tutti i suoi componenti, allora il numero degli atomi di ciascun elemento viene indicato con una cifra, che si scrive accanto al simbolo: così l'acido solforico, in cui due atomi di idrogeno sono combinati con uno di solfo e quattro di ossigeno, si indica col simbolo H^2SO^4 , od anche H_2SO_4 . Per indicare un multiplo d'un composto si prepone ad esso una cifra come coefficiente, racchiudendo talvolta per maggior chiarezza il com-

posto fra parentisi: p. e., $2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2\text{H}_2\text{SO}_4$ significa due molecole di acido solforico.

La combinazione o sostituzione di corpi semplici o composti fra loro dicesi *reazione*, la quale viene indicata mediante una equazione, in cui i due membri contengono gli stessi elementi in egual numero ma diversamente combinati.

Si suole scolasticamente dividere i corpi semplici in due categorie, *metalloidi*, o meglio *non metalli*, e *metalli*. Nella prima sono compresi quegli elementi che per durezza, conducibilità per il calore ed alcune proprietà elettriche differiscono da quelli della seconda.

Esaminiamo ora, attenendoci alle indicazioni del programma, nel modo più succinto ed elementare possibile le proprietà principali di alcuni fra i corpi semplici e composti più importanti.

II. — Proprietà principali dell'ossigeno, dell'azoto, dell'idrogeno, del carbonio, del cloro. — Proprietà principali del ferro, dello zinco, del rame, del mercurio, dell'argento e dell'oro.

Ossigeno $= \text{O}$. — L'ossigeno è uno dei corpi semplici più diffusi in natura. Trovasi nell'aria, nell'acqua e quasi in tutti i minerali combinato a differenti metalli. È pure contenuto in grande quantità nelle sostanze organiche.

Si può isolare facilmente l'ossigeno riscaldando in una storta del *clorato potassico*: ciò facendo si vede uscire una quantità di bolle dall'estremità libera ed immersa nell'acqua d'un tubo di vetro congiunto colla storta (fig. 123).

Il sale perde tutto il suo ossigeno, e rimane come residuo un composto di solo cloro e potassio, detto *cloruro potassico*. L'ossigeno è un gas inodoro, incolore, più pesante dell'aria e poco solubile nell'acqua. Un pezzetto di legno con alcuni punti d'ignizione, che nell'aria ben presto si spegnerebbero, introdotto nell'ossigeno brucia con vivida fiamma (fig. 124). Una spirale d'acciaio riscaldata mediante un pezzo d'esca accesa alla

sua estremità, nell'ossigeno brucia lanciando scintille e sviluppando un forte calore.

In un animale, costretto a respirare ossigeno puro, la respirazione si accelera, e si dimostra un eccesso di vitalità; ma

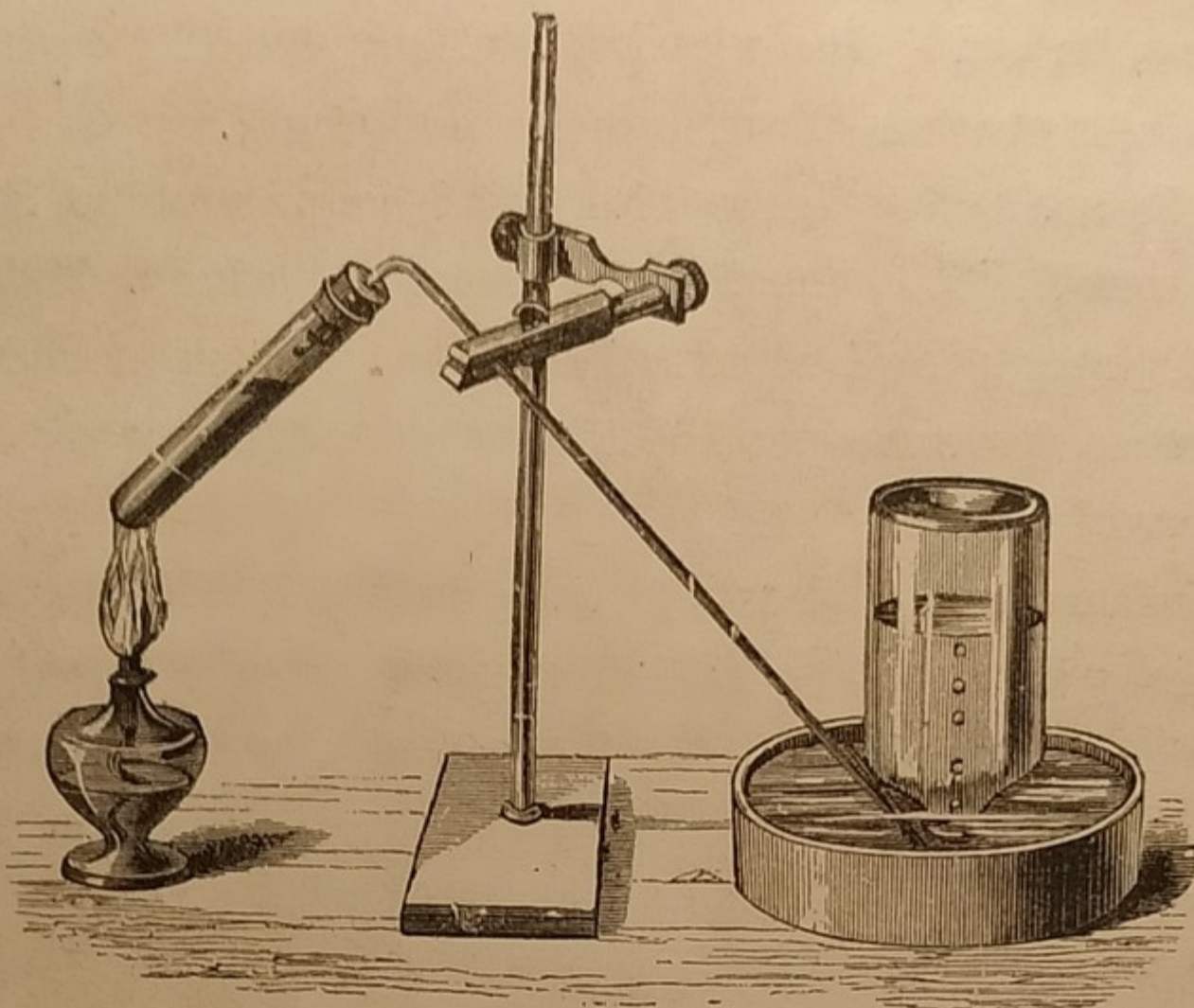


Fig. 123.

siccome il carbonio e l'idrogeno del sangue si combinano, o, come si suol dire, bruciano troppo rapidamente nell'ossigeno puro, l'animale in breve tempo perisce. L'ossigeno dunque è necessario per la respirazione, ma il suo effetto sul sangue deve venir mitigato inspirandolo in piccole quantità. Nell'aria trovasi 29.9 d'ossigeno e 70.1 d'azoto. L'ossigeno si combina con molti corpi e produce degli *acidi*, degli *ossidi* e dei *sali*.



Fig. 124.

L'ossigeno è uno dei corpi più importanti. Non solo l'ossigeno dell'aria è indispensabile alla respirazione degli animali terrestri ed acquatici, ma è causa prima eziandio di un grande numero di fenomeni che osserviamo quotidianamente: come, ad esempio, la combustione; la conversione dei metalli in composti polverulenti e senza splendore; l'alterazione dei grassi; la produzione dell'aceto, ecc.

L'ossigeno venne preparato per la prima volta da Priestley,

il 1.^o agosto 1774, col metodo sopra menzionato dell'*ossido di mercurio*. La scoperta di questo corpo ebbe conseguenze immense sia nel campo della chimica sia nel campo della fisiologia. — Ultimamente venne ridotto allo stato liquido sottoponendolo ad una pressione di 500 atmosfere e a un freddo di -140° .

Azoto = N = Az. — L'azoto si trova nell'aria mescolato, ma non combinato, coll'ossigeno, nei nitrati, nell'ammoniaca ed in molte sostanze animali e vegetali.

Si prepara l'azoto abbruciando un pezzo di fosforo in una bacinella galleggiante sull'acqua, e coperta da una campana (fig. 125). Il fosforo si combina coll'ossigeno dell'aria rinchiusa e resta l'*azoto*.

Questo gas è insipido, incolore, inodoro, non è combustibile, non mantiene la combustione, nè la respirazione. Anche questo gas ven-

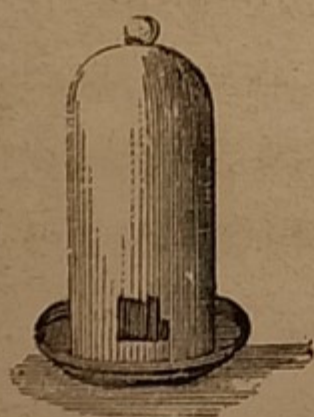


Fig. 125.

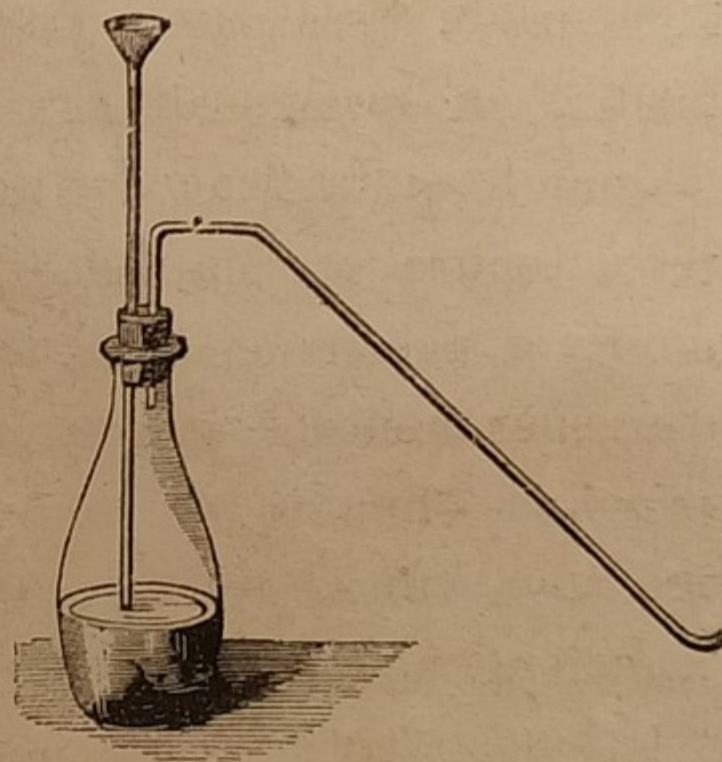


Fig. 126.

ne liquefatto da Cailletet mediante una pressione di 200 atmosfere.

Idrogeno = H. — Esso è il principio costituente dell'acqua, di tutti gli esseri animali e vegetali e della maggior parte dei loro prodotti. L'idrogeno combinandosi col cloro, bromo, iodio e fluoro forma pure degli acidi, che per distinguerli dagli ossigenati vengono chiamati *idracidi*.

Si usa comunemente per ottenere l'idrogeno isolato dell'acido solforico diluito e dello zinco (fig. 126) che si riuniscono in una bottiglia di vetro foggia all'uopo.

L'idrogeno è un gas insipido, inodoro, incolore, poco solubile nell'acqua. È 14.5 volte più leggero dell'aria, e perciò viene

impiegato per riempire i palloni aerostatici. Esso è combustibile, ma non comburente come l'ossigeno. Infatti, introducendo un fiammifero acceso in un cilindro pieno d'idrogeno si osserva che il gas si accende, e la fiamma in mezzo all'idrogeno si spegne.

L'ossigeno e l'idrogeno mescolati alla temperatura ordinaria non si combinano, ma sotto l'azione di una fiamma la loro combinazione ha luogo con veemenza formando acqua. Facendo uscire per un tubo un miscuglio di due volumi d'idrogeno ed uno di ossigeno, s'ottiene una fiamma pallidissima, ma di grande potenza calorifica.

La combustione dell'idrogeno nell'ossigeno fornisce una sorgente calorifica potentissima, la quale venne valutata a circa 1789 gradi. Essa viene utilizzata per fondere alcuni corpi non fusibili coi mezzi ordinari, come ad esempio il platino.

Quando si fa bruciare un getto di idrogeno in un tubo di vetro tenuto verticalmente si produce un suono che varia secondo la posizione della fiamma e le dimensioni del tubo. Questo esperimento è conosciuto col nome di organo filosofico o di armonica chimica. Il suono è prodotto dalle vibrazioni dell'aria nel tubo, vibrazioni le quali sono provocate da una serie di detonazioni vicinissime.

In questi ultimi anni, nel 1878, l'idrogeno venne ridotto da Raoul Pictet allo stato liquido sottoponendolo ad una pressione di 650 atmosfere e ad un freddo di -140° .

L'idrogeno si combina coll'ossigeno e forma l'acqua H_2O , corpo, come è noto, della massima importanza e parte essenziale degli organismi. La sola acqua di pioggia, o quella derivante dalla liquefazione della neve e del ghiaccio, può essere considerata come *quasi* pura. Si dice quasi, perchè anch'essa contiene sovente delle materie estranee, che trovansi sospese nell'aria, per esempio, anidride carbonica ed ammoniaca. La natura chimica dell'acqua varia secondo i terreni e la loro temperatura, non che secondo il tempo durante il quale si trovò a contatto coi medesimi. Le sostanze che trovansi di regola disciolte nell'acqua sono: aria, gas anidride carbonica, molti sali di calce e di magnesia, alcuni di potassa e soda.

Carbonio = C. — Questo elemento è uno dei più sparsi ed abbondanti sia nel mondo organico sia nell'inorganico. — Allo stato più puro e cristallizzato lo abbiamo nel *diamante*, equasi puro nella *grafite* o *piombaggine*, che studieremo più tardi. L'*antracite*, il *litantrace*, la *lignite*, la *torba* sono corpi che s'estraggono dalle viscere della terra e sono costituiti principalmente di carbonio. — Il *carbone di legna* è un prodotto dell'industria umana, che si ottiene abbruciando imperfettamente il legno mediante una limitata quantità d'aria. Esso non è puro carbonio, perchè contiene gran parte dei sali minerali, che si trovavano nel legno. — Il *nero fumo* è anche carbonio prodotto dall'imperfetta combustione delle resine, dei grassi, dell'olio, del catrame, ecc., il fumo dei quali corpi raccolto sopra una superficie fredda forma un carbone assai diviso e leggerissimo. Il carbonio combinato con varî corpi costituisce minerali e rocce importantissime e oltre a ogni dire abbondanti.

Il carbonio è insolubile nell'acqua e negli acidi; si scioglie però nel ferro fuso in varie proporzioni formando la ghisa e l'acciaio. Il carbonio arroventato in recipienti chiusi non si altera, nè si fonde; se viene riscaldato nell'aria, si combina coll'ossigeno, con cui può formare anidride carbonica = CO_2 ed ossido di carbonio = CO.

Cloro = Cl. — Questo elemento, che è pure un gas, non esiste isolato in natura, ma combinato ai metalli.

Si ottiene artificialmente il cloro colla decomposizione del biossido di manganese mediante l'acido cloridrico. Il cloro ha un colore giallo-verdognolo, odore irritante, è solubilissimo nell'acqua, non è combustibile e rende fuliginosa la fiamma di un cerino introdotto in esso. Respirato in piccola quantità eccita la tosse, in grande quantità può produrre la morte. — Esso ha per l'idrogeno una straordinaria affinità: basta esporre il miscuglio dei due gas ai raggi del sole perchè si combinino con esplosione.

Argento = Ag (si vedano per le proprietà fisiche di questo metallo le nozioni di mineralogia).

L'argento non è alterabile nell'ossigeno puro, ma si combina

facilmente coll'iodo, col solfo, col fosforo, coll'arsenico, col cloro, col bromo. L'argento non è intaccato dagli alcali.

Fra i sali di argento ricorderemo il *Cloruro di argento* AgCl di color bianco, il quale è sensibile all'azione della luce e perciò è la base si può dire della fotografia.

Il *Bromuro d'argento* AgBr , di color bianco giallastro, anche esso adoprato per la stessa ragione nella fotografia.

Il *Solfuro d'argento* $= \text{Ag}_2\text{S}$, il quale è uno dei minerali di argento più importanti.

Il *Nitrato d'argento*, conosciuto col nome di *pietra infernale*, di color bianco, semitrasparente. Questo sale ha uso esteso nella fotografia e serve per tingere i capelli in nero, per segnare la biancheria. In medicina poi serve a cauterizzare.

Zinco $= \text{Zn}$. — Lo zinco si trova combinato con varî corpi e soprattutto collo zolfo col quale forma la *blenda* o solfuro di zinco. Lo zinco è un metallo bianco azzurrognolo brillante. Esposto all'aria si fa opaco pel pronto formarsi di uno strato d'ossido superficiale. Questo strato superficiale protegge il rimanente del metallo da ulteriori modificazioni.

Uno fra i composti dello zinco più usati è l'ossido di zinco, conosciuto anche col nome di *bianco di zinco*; che viene adoperato nella pittura e sostituisce la *biacca*.

Non meno usato è il *solfato di zinco* chiamato comunemente *copparosa bianca* o *vetriolo bianco*.

Mercurio $= \text{Hg}$. — Il mercurio si trova in natura allo stato nativo e allo stato di combinazione collo zolfo, nel qual caso costituisce il *cinabro* (vedi nozioni di mineralogia).

Il mercurio è un metallo liquido alla temperatura ordinaria e molto brillante. Non aderisce ai corpi, salvo ai metalli come il rame, l'argento, l'oro, ecc., coi quali si amalgama. Il mercurio si solidifica a circa -40° .

Il mercurio ha moltissime applicazioni sia nell'industria mineraria, per l'estrazione dei metalli preziosi per mezzo delle amalgame, sia nella costruzione di molti istrumenti di fisica, sia nella medicina.

Fra i composti di mercurio noteremo il *Cloruro mercurioso*,

noto anche col nome di *calomelano* e adoperato in medicina; il *Cloruro mercurico* o *sublimato corrosivo*, il quale serve per la conservazione dei legni, dei preparati anatomici, nella stampa dei tessuti e in medicina.

Rame = Cu. — (Si vedano per le proprietà di questo metallo le nozioni di mineralogia).

Il rame si unisce con molti altri metalli per formare numerose leghe.

Fra i numerosi composti di rame menzioneremo l'ossido di rame, di color nero o grigio nerastro: il verde di Scheele o verde minerale, composto di rame e di arsenico, di color verde, usato come sostanza colorante; il carbonato di rame o *malachite*, di un bel colore verde erba, il quale si trova in natura e serve come pietra ornamentale; il solfato di rame o *vetriolo azzurro* o *copparosa azzurra* di un bel colore azzurro. Questo è uno dei più importanti sali di rame e serve in molte industrie, nelle tintorie, ecc., ed è adoperato anche in medicina.

I composti di rame sono generalmente molto velenosi.

Fra i composti di piombo ricordiamo l'ossido di piombo o *minio*, di un bel color rosso, il quale serve come materia colorante e nelle vetrerie; il carbonato di piombo o *biacca* o *cerussa*, di color bianco, anch'essa adoperata come sostanza colorante.

Oro = Au. — (Si vedano a proposito di questo corpo le nozioni di mineralogia).

Ferro = Fe. — Il ferro si trova allo stato nativo nelle meteoriti: allo stato di combinazione, in forma di ossidi, carbonati, solfuri, silicati, ecc., è uno dei corpi più diffusi ed abbondanti del globo terrestre.

Il ferro è un metallo di color grigio azzurrastro. È duttile, malleabile e soprattutto molto duro e tenace. Il ferro puro, o ferro dolce, è difficilmente fusibile: esso fonde solo a $+1500^{\circ}$: unito con una piccola quantità di carbonio, dal 2 a 5%, forma la *ghisa* che fonde a $+1250^{\circ}$; unito invece ad una quantità minore di carbonio, dal 0.7 al 2% costituisce l'acciaio.

Il ferro nell'aria umida si ossida lentamente coprendosi di *ruggine*, la quale è un ossido idrato di ferro; la ruggine si pro-

paga rapidamente in tutta la massa del ferro. Per preservare il ferro dalla ruggine lo si ricopre di un corpo grasso, di una vernice o di uno strato di zinco, come nel *ferro galvanizzato* del commercio, o di stagno, come nella *latta*. Gli usi del ferro sono noti a tutti.

Numerosissimi sono i composti del ferro cogli altri corpi. Menzioneremo, ad esempio, l'*ossido ferrico* abbondantissimo in natura, che costituisce i minerali noti coi nomi di ferro oligisto, di ematite, di limonite (vedi le nozioni di mineralogia).

Frequentissimi pure sono il bisolfuro di ferro o *pirite* ed il carbonato ferroso, o *siderite* o *ferro spatico*.

Il solfato ferroso, o vetriolo verde, o *copparosa verde*, serve principalmente nelle tintorie, nella fabbricazione dell'acido solforico, come disinfettante, ecc.

III. — Composizione e proprietà principali dell'aria e dell'acqua. — Cenno intorno alle proprietà di taluni acidi, ossidi e sali più importanti.

L'atmosfera, od oceano d'aria che avvolge la terra, è un miscuglio di due gas, nitrogeno ed ossigeno, nel rapporto, in volume, di 79.19 del primo e 20.81 del secondo, cioè in peso:

Nitrogeno . . .	77	Ossigeno . . .	23
-----------------	----	----------------	----

Il peso specifico dell'atmosfera è rappresentato da 1, essendo essa stata scelta come unità di misura pel peso dei gas. Il nitrogeno, sebbene entri nella composizione di tutti i corpi organizzati, va distinto per la sua poca affinità o tendenza a combinarsi, ed è il più abbondante di tutti i gas nello stato libero. L'ossigeno all'incontro è il più attivo principio chimico nella natura, che circola perpetuamente ed entra in combinazione, essendo consumato nella respirazione e nella combustione, e più lentamente assorbito nella decomposizione dei corpi e nella ossidazione dei metalli. In un'atmosfera di puro ossigeno l'azione vitale si fa molto più intensa, come si fa incomparabilmente più vivace la combustione. Ma misto intimamente con un gas

neutro o di carattere negativo, e che prepondera nel rapporto di circa 4 ad 1, l'ossigeno è molto moderato nella sua attività. Ma il nitrogeno, che diluisce per tal modo l'ossigeno nell'atmosfera, compie un ufficio assai più importante, contribuendo a costituire il materiale di tutti i corpi organici, sebbene non si sia ancora scoperto il suo modo di combinarsi. La circolazione dell'ossigeno e il suo ripristinamento nello stato libero è, come sappiamo, l'opera della vegetazione in quanto che le foglie, sotto all'azione della luce, hanno il potere di decomporre l'acido carbonico.

Questi due gas, che non sono combinati chimicamente, ma semplicemente mescolati nell'atmosfera, sono liberi di entrare in combinazione con altri corpi, e siccome l'ossigeno è ampiamente consumato in ogni sorta di azioni chimiche, sarebbe naturale supporre che la quantità di esso nell'atmosfera sia collegata colle variazioni locali. Ma a motivo della grande estensione dell'atmosfera e della rapida diffusione del gas, queste fluttuazioni sono contenute entro a limiti così stretti da sfuggire all'osservazione ordinaria: l'aria raccolta dall'atmosfera aperta sul mare o sulla terra, sulle pianure deserte, sulle vette dei monti, nelle miniere, o portata giù dagli aeronauti dal di sopra delle nubi è sempre apprezzabilmente la stessa. Alcune differenze di qualche momento si possono osservare nell'aria che sovrasta al mare; allorquando questo, per l'aumentata temperatura, è costretto ad emettere una parte dell'aria che teneva disciolta: in questo caso l'ossigeno nell'atmosfera circostante diminuisce perchè l'acqua rende l'intera proporzione del nitrogeno disciolto, ma non dell'ossigeno.

Misti coll'aria atmosferica in quantità comparativamente piccole si trovano due altri gas non meno necessari dei due precedenti alla vegetazione, essendo richiesti pel mantenimento dell'impalcatura solida delle piante, e sono l'acido carbonico e l'ammoniaca, o idrato di nitrogeno. Il rapporto dell'acido carbonico che si trova ordinariamente nell'atmosfera è circa 4 parti per 10,000; ma varia notevolmente, essendo minore nell'inverno che non nella state, e minore pure, sulla terra, di

giorno che non di notte. Queste variazioni sono dovute agli alternati processi della vegetazione.

L'ammoniaca si riconosce nell'atmosfera solo in combinazione coll'acido carbonico, cioè in forma di carbonato, o, dopo i temporali, di nitrato. Nella pioggia, nella neve e nella brina l'ammoniaca si trova abbondante, e particolarmente nel vapor acqueo dell'atmosfera, al quale spesso imparte un odore sgradevole. Si calcola il rapporto di essa nell'atmosfera ad un milionesimo. L'atmosfera deve questi due gas alla decomposizione dei corpi organici e l'acido carbonico anche ai processi respiratori dei corpi viventi, come pure ad una sorgente sotterranea, venendo esso alla superficie mercè i vulcani o le fontane naturali.

Oltre a questi due gas l'atmosfera contiene ancora più o meno di vapor acqueo, aggiunta importantissima. Basti per ora fermare che il trasporto e la diffusione del vapor acqueo sono tra le funzioni capitali dell'atmosfera, per cui senza questa la terra non sarebbe che un arido deserto; il rapporto del vapor acqueo all'atmosfera varia continuamente in rapporto colla temperatura e con altre circostanze. Studieremo a suo tempo i fatti principali relativi alla densità e al peso dell'aria.

L'acqua è un protossido di idrogeno, cioè il prodotto dell'ossigeno e dell'idrogeno combinati chimicamente nel rapporto di un volume del primo e due volumi del secondo. L'acqua chimicamente pura è un liquido trasparente, inodoro, senza sapore, senza colore se è visto in piccole masse, e di un bel color azzurro se è visto in grandi masse. Prendendo per unità di misura il peso di un volume di aria atmosferica, quello di un egual volume di ossigeno è 1.1057, e quello dell'idrogeno, il corpo più leggero che si conosca, è 0.0692. In peso quindi si combinano 8 parti di ossigeno e 1 di idrogeno per formare 9 parti di acqua. Ma l'acqua così prodotta in volume è poco più della 2000.^a (propriamente la 1954.^a) parte dei gas che la producono. A 15°5 il peso dell'acqua è 816 volte quello dell'aria. Distillata o perfettamente pura l'acqua alla temperatura di 4°08

raggiunge la sua massima densità, e ci fornisce l'unità di misura per tutti i corpi: quindi il suo peso specifico è 1.

L'acqua cambia stato e diviene liquida, solida o aeriforme sotto a mutamenti di temperatura e di pressione comparativamente piccoli. Essa si dilata a misura che cresce la temperatura a partire da 4.^o Sotto alla pressione barometrica ordinaria (760 mill.) bolle a 100.^o, sebbene la sua ebullizione possa essere ritardata alquanto dalla natura del vaso adoperato. Quando bolle non evapora soltanto dalla superfice, ma altresì dal fondo e dall'interno della sua massa, essendo appunto l'ebullizione prodotta dalla eliminazione del vapore in cui si è convertita l'acqua. Il punto di ebullizione dipende dal calore e dalla pressione combinati. Esso salirebbe a 115.^o56 se la pressione atmosferica fosse raddoppiata, e scenderebbe a 20.^o se questa pressione fosse interamente rimossa.

Nello stesso modo in cui l'acqua si dilata col calore, si restringe col raffreddamento sino a 4.^o, al quale punto, se è pura, raggiunge la condensazione massima. Aumentando il freddo continua a dilatarsi sino a che alla temperatura di 0.^o gela, cioè divien solida. L'acqua può altresì conservare lo stato liquido ad una temperatura notevolmente inferiore a 0.^o, persino a otto o dieci gradi, purchè il raffreddamento si compia lentamente e la massa rimanga immobile: ma in questo stato la più piccola vibrazione basta a farla congelare, e allora la temperatura sale immediatamente a 0.^o, essendo così messa in libertà una quantità di calore tanto maggiore quanto era più bassa la temperatura dell'acqua. La forza con cui si compie questa espansione è enorme, tanto da mandare in frantumi grosse sfere di ferro riempite d'acqua e poi chiuse e sottoposte ad una bassa temperatura.

Da quanto abbiamo detto intorno alla azione della temperatura sui restringimenti dell'acqua consegue che quando essa si raffredda alla superfice, e quindi si condensa, deve scendere in basso e cedere il luogo all'acqua più calda, meno condensata, e che quindi in realtà è un liquido più leggero. Così si pro-

duce una continua circolazione verticale, scendendo l'acqua fredda e salendo la calda, sino a che, continuando questo processo, tutta l'acqua non è scesa alla temperatura di 4° , alla quale cessa la corrente: invero in tale caso l'acqua superficiale cessando di essere più pesante della profonda, non tende a scendere, e rimane sino a che si converte in ghiaccio. Per tal modo vien resa difficilissima e in realtà impossibile la congelazione totale di una grande massa d'acqua, in quanto che la discesa di tutta a 4° richiede un tempo forse più lungo di un inverno, e poi perchè quando si è formata superiormente una crosta di ghiaccio il freddo esterno penetra pochissimo, e la corrente in breve si arresta.

Mentre l'acqua si dilata pel calore, perde anche nella coesione, come si scorge dallo aumento nella evaporazione, cioè nello sfuggire del vapore dalla sua superfice. Il mutamento dell'acqua in vapore cresce rapidamente col calore, sinchè alla temperatura di 100° , cioè al punto di ebullizione, la formazione del vapore cessa di essere limitata alla superfice. A questa temperatura grandi quantità di vapore salgono dal fondo del vaso (là dove il calore è maggiore), e prorompendo violentemente fuori mettono l'acqua in quello stato particolare di agitazione noto col nome di ebullizione. Nell'ebullizione si scorge la più energica trasformazione dell'acqua in vapore, ma perchè ciò si compia non è per nulla necessaria la temperatura di 100° . L'evaporazione dell'acqua ha luogo a tutte le temperature: persino il ghiaccio più freddo emana un po' di vapore.

Fra gli acidi, ossidi, e sali più importanti ricorderemo i seguenti:

L'*anidride carbonica* ha le principali sue sorgenti nella combustione delle sostanze animali e vegetali, nella lenta loro decomposizione, nella fermentazione, nella respirazione degli animali e dei vegetali.

Alla superfice della terra, soprattutto nelle regioni vulcaniche si hanno varie sorgenti naturali di anidride carbonica. Essa si prepara artificialmente col far reagire dell'acido solforico di-

luito sopra frammenti di marmo bianco, il quale è un carbonato calcico.

L'anidride carbonica a temperatura e pressione ordinaria è gasosa, incolora, d'odore alquanto pungente, di sapore acidulo, arrossa debolmente la tintura di laccamuffa, ed è solubilissima nell'acqua. Non è combustibile, nè comburente. È più pesante dell'aria, sicchè si può versare, come un liquido, da un recipiente in un altro, e si riconosce il suo passaggio dallo spegnersi d'una fiammella introdotta nel recipiente in cui viene versata. Non alimenta la respirazione, per cui un uomo od altro animale costretto a respirarla cade dopo pochi minuti in asfissia. Perciò son necessarie delle cautele da parte dei vignaiuoli, quando penetrano nelle cantine ove fermenta il mosto, o s'introducono nei tini a pigiar l'uva. Non minore è il pericolo nelle camere chiuse, dove brucia del carbone senza che i prodotti della combustione (anidride carbonica, ossido di carbonio) vengano esportati da apposito camino.

L'acido carbonico può essere ridotto allo stato liquido, sottoponendolo ad una forte pressione e ad una bassa temperatura. Ultimamente venne ridotto anche allo stato solido, nel quale stato è bianco e di aspetto cotonoso.

Questo gas è d'immensa importanza per le piante, che lo assorbono direttamente dall'aria o per mezzo dell'acqua piovana dal suolo, sotto l'influenza della luce lo decompongono trattenendo il carbonio ad esse indispensabile e restituendo all'aria l'ossigeno.

L'acido nitrico è una combinazione dell'azoto coll'ossigeno; l'ammoniaca è una combinazione dell'azoto coll'idrogeno. Perciò, siccome le sostanze organiche contano fra i loro componenti l'idrogeno e l'azoto, da esse durante la loro putrefazione, si sviluppa ammoniaca. Si può quindi spiegare facilmente la sua presenza nell'aria, nei cessi, letamai, ecc.

L'ammoniaca a temperatura e pressione ordinaria è un gas incolore, di sapore acre e caustico, d'odore penetrante, che irrita le narici e provoca le lagrime; è inetto alla respirazione e combustione, ed è una delle più forti basi.

L'*acido cloridrico* è un gas solubilissimo nell'acqua, e siccome la soluzione manifesta le proprietà del gas, praticamente si adopera sempre tale soluzione. L'*acido cloridrico* scioglie, salvo l'oro e il platino, tutti i metalli. L'*acqua regia* risulta formata da un miscuglio di 1 parte di acido nitrico con 3 o 4 parti d'*acido cloridrico*. Questa sostanza discioglie tutti i metalli, compreso l'oro ed il platino.

Acido solforico. — Il solfo abbruciato a contatto dell'aria si combina all'ossigeno sviluppando un odore soffocante per formazione d'anidride solforosa = SO_2 . Combinandosi con maggior quantità d'ossigeno, e con idrogeno, forma l'*acido solforico* H_2SO_4 , uno fra i più importanti acidi per le sue applicazioni a molte industrie.

Il solfo si combina anche coll'idrogeno e forma una combinazione detta *acido solfidrico* = H_2S , ma più comunemente *idrogeno solforato*. È desso un gas puzzolentissimo, che producesi nella putrefazione delle materie d'origine organica contenenti solfo, quali le uova fracide, le carni imputridite, ecc.

Cloruro di sodio. — Si vedano le proprietà più importanti relative a questo corpo più sotto nelle nozioni di mineralogia.

Carbonato di soda. — Nell'industria si indica col nome di sali di soda non una combinazione del sodio con un acido qualunque, ma specialmente il *carbonato di soda*. Vien detto *natron* il carbonato di soda naturale.

Il carbonato di soda naturale o *natron* si origina sia da scomposizione di rocce contenenti soda, sia dalla decomposizione di piante ricche di sali di soda. In estate la soluzione di carbonato di soda sale per capillarità alla superficie del suolo e produce delle efflorescenze.

In Ungheria, in Egitto, in Arabia, si raccoglie annualmente una grande quantità di questa sostanza.

Le ceneri delle piante marine producono pure una notevole quantità di soda.

La soda si estrae pure da un minerale ricco di sodio, la *criolite*; e viene anche fabbricata artificialmente in grande abbondanza, trattando opportunamente il cloruro di sodio o sal comune.

La soda è una sostanza della massima importanza nelle vetrerie, nelle saponerie, nelle industrie chimiche, ecc.

Calce, Gesso. — Si vedano a proposito di questi corpi più sotto le nozioni di mineralogia.

IV. — Applicazione delle cose spiegate nelle più comuni industrie.

Parlando del ferro, dello zinco, del mercurio, dell'argento e dell'oro, degli acidi e dei sali più importanti, già sono state indicate le applicazioni più importanti di questi corpi nelle industrie, e per non fare inutili ripetizioni mandiamo il lettore ai capitoli precedenti.

Nelle ubicazioni dei minerali e delle rocce più importanti vennero pure indicate volta per volta le loro applicazioni.

MINERALOGIA

Osservazione e descrizione dei minerali più importanti, specialmente del luogo, traendone argomento per dire dei caratteri dei minerali in generale.

Diamante. — Il diamante si trova allo stato nativo e cristallizzato. Il diamante può essere perfettamente incolore oppure variamente colorato con leggere tinte giallognole, azzurrognole ed anche brunastre. Il diamante disperde molto la luce e perciò, se è ben tagliato e levigato, risplende dei più vivi colori dell'iride. Il diamante esposto per qualche tempo al sole e trasportato poscia nella oscurità, presenta il fenomeno della fosforescenza. Esso è il minerale più duro che si conosca. Il diamante è carbonio puro. Non è intaccato da nessun agente chimico. Se si riscalda il diamante ad una temperatura elevatissima fuori del contatto dell'aria esso si cambia in un corpo simile alla grafite; se invece lo si riscalda al calor bianco in contatto dell'aria abbrucia dando origine ad anidride carbonica.

I diamanti si trovano nelle alluvioni, e per lo più insieme all'oro ed al platino. Se ne sono trovati tuttavia anche entro ad una roccia schistosa detta *Itacolumite*.

Le località più celebri e più anticamente note per la loro ricchezza in diamanti sono: l'India all'oriente dell'altipiano del Decan, l'isola di Borneo ed il Brasile. Nel corrente secolo se ne trovarono anche nell'America settentrionale, nei monti Urali e soprattutto in Australia e nella Terra del Capo.

Sono noti a tutti gli usi del diamante come gemma. I cristalli meno belli, e che non servirebbero al primo scopo, si adoperano per tagliare il vetro o per altri usi analoghi. Al fine di accrescere lo splendore dei diamanti che servono come gemma

vengono lavorati, vale a dire si taglia alla loro superficie un determinato numero di facce, le quali, disposte convenientemente aumentano la rifrangenza della luce. Secondo il numero e la disposizione di queste facce, il diamante si dice lavorato a *brillante* o a *rosetta*.

Il valore del diamante è assai elevato e viene calcolato secondo il peso della gemma valutato in carati. (Il valore del carato varia secondo i mercati.) Anche al giorno d'oggi si segue, per stabilire il valore del diamante, la regola indiana per la quale si moltiplica il prezzo del primo carato pel quadrato del peso espresso pure in carati, e ciò fino a che si tratta di diamanti aventi un peso inferiore ai 100 carati; se poi il diamante supera questo peso il suo valore diventa al tutto arbitrario.

I diamanti di un certo volume, di bell'acqua e perfetti sono rarissimi. I più celebri sono: il diamante del Raja di Mattan di Borneo del peso di 367 carati, il più grande conosciuto; il Kohinur (montagna di luce) proveniente dalle Indie ed in possesso della corona d'Inghilterra: prima di essere levigato esso pesava 186 carati ed aveva una forma irregolare: ridotto a brillante pesa 106 carati; il Pitt o Reggente, del tesoro francese, peso di 136 carati; l'Orlow o Amsterdam dello scettro russo, del peso di 194 carati; la Stella del Sud del signor H. Holphen del peso di 254 carati.

Grafite. — La Grafite si trova allo stato nativo; essa è raramente cristallizzata. La grafite è di color grigio scuro, talvolta nerastro con lucentezza metallica; è grassa al tatto e sporca le dita quando viene toccata. La grafite è composta essenzialmente di carbonio con quantità variabile di sostanze eterogenee. La grafite è inattaccabile da qualsiasi agente chimico.

La grafite si trova in molte località, ma in poche è veramente abbondante; per lo più si incontra in banchi, in nuclei, in ammassi od anche in piccole vene disseminata nel gneiss, nel calcare o negli argilloschisti. In Europa le miniere di grafite più anticamente celebri sono quelle del Cumberland. Oggi-giorno la grafite del commercio proviene dalla Svezia, dalla

Siberia orientale, dalla Germania, dalla Boemia, dalla Stiria, dal Canada e dall'isola di Ceylan. In Italia si estrae la grafite per usi industriali in varie località del Piemonte, come Briche-rasio, Goggiola, Cavour, nei monti pisani in Toscana e in qualche località di Calabria.

La grafite a grana più fina viene adoperata per la fabbrica-zione delle matite o tagliandola direttamente in piccoli prismi a base quadrata, oppure riducendola in polvere ed impastan-dola con argilla finissima. La grafite serve eziandio a fare crogiuoli per la fondita dei metalli, a rendere nella galvano-plastica buoni conduttori i modelli che non lo sono, ed a di-minuire l'attrito nelle macchine.

Solfo. — Il Solfo si trova allo stato nativo e combinato con altri corpi; si trova frequentemente cristallizzato. Il solfo puro ha un color giallo citrino caratteristico. Frequentemente il solfo si trova in masse compatte, amorfe, di color giallo citrino od anche grigiastro e brunastro per la mescolanza di sostanze etero-genee, e di aspetto resinoso e grasso. Il solfo può anche trovarsi in forma di stalattiti e ciò soprattutto presso ai crateri di certi vulcani e polverulento come nella Guadalupa e nel Giura.

Il solfo fonde a $+114^{\circ}$ e bolle a $+440^{\circ}$. Ora fra queste due temperature, a circa $+230^{\circ}$, il solfo si presenta in uno stato particolare che dicesi *viscoso*.

Il solfo è insolubile nell'acqua; ma è solubile nell'alcool, nell'etere, nella benzina e nel solfuro di carbonio. Scaldato alla fiamma, abbrucia facilmente con fiamma azzurrognola svolgendo anidride solforosa, la quale facilmente si riconosce al suo odore caratteristico. Il solfo si combina facilmente coll'ossigeno e coi metalli.

Il solfo si trova in varie giaciture o allo stato di piccoli gra-nuli o concrezioni, come prodotto di decomposizione di solfuri metallici come in varie rocce, o come materiale depositato da sorgenti sulfuree, oppure anche in depositi che sono in diretto rapporto coi fenomeni vulcanici, come sarebbero i depositi di solfo delle *solfatare*. Il solfo si trova eziandio in giacimenti assai abbondanti stratificati con gesso e calcare come, ad

esempio, in Romagna e in Sicilia. Si trova del solfo in tutte le regioni vulcaniche. L'Italia tuttavia è quella che fornisce, estraendolo principalmente dalle miniere di Romagna e di Sicilia, la massima parte del solfo del commercio.

Sono noti i molteplici usi del solfo. Esso serve alla fabbricazione della polvere da fuoco, alla fabbricazione dell'acido solforico, all'imbiancamento delle sete e delle lane, alla solforazione delle viti, alla fabbricazione dei solfanelli, a varî usi medicinali, ecc.

Rame. — Il Rame si trova allo stato nativo ed allo stato di combinazione con varî corpi. Allo stato nativo si trova ora amorfo in masse più o meno grandi, ora cristallizzato. Il colore del rame è noto a tutti ed è di un bel rosso metallico caratteristico; esposto all'aria il rame si altera rapidamente alla sua superficie e si ricopre di una *patina* nera o verde. Il rame è molto duttile e malleabile. Il rame fonde a $+ 1150^{\circ}$. Il rame è facilmente attaccabile dagli acidi anche non molto forti, formando soluzioni verdi od azzurre.

Il rame nativo non è raro, e il giacimento più celebre è quello di Michigan presso il Lago Superiore in America ove si scoprirono massi di rame di straordinaria mole. Si incontra rame nativo, ma in proporzioni molto minori, in varie miniere italiane, come, ad esempio, in quelle della Toscana.

La maggior parte del rame del commercio si estrae da composti di rame che sono abbondatissimi in molte località.

Non è d'uopo menzionare gli usi del rame: essi sono noti a tutti.

Pare che l'uso del rame nell'economia domestica, nell'industria, nella fabbrica delle armi, ecc., abbia preceduto quello del ferro. Oggidì il rame, oltre che per la monetazione, per la fabbricazione di fili, di lastre, ecc., serve alla composizione di varie leghe importantissime, come, ad esempio, il *bronzo*, ossia lega di rame e di stagno; l'*ottone*, ossia lega di rame e di zinco; il *packfong*, ossia lega di rame, di zinco e nichelio. Col rame si formano pure varie leghe coll'oro e coll'argento, per la fabbrica delle monete e di oggetti di oreficeria. Il rame

finalmente fornisce parecchie sostanze coloranti assai adoperate nelle industrie, ma potentemente velenose.

Argento. — L'Argento si presenta frequentemente in forma capillare, e dentritica; talvolta è anche cristallizzato. L'argento è opaco ed ha lucentezza metallica. Il suo colore è bianco, talvolta leggermente giallognolo. L'argento è malleabile ed assai duttile: battuto è molto sonoro. L'argento fonde a $+ 1022^{\circ}$. L'argento è facilmente attaccabile dall'acido nitrico, col quale forma il nitrito d'argento o pietra infernale; ad alta temperatura non si ossida.

L'argento nativo è di rado perfettamente puro; esso presenta quasi sempre tracce di rame, oro, ferro, arsenico, antimonio, ecc. Il rame può talvolta essere in quantità notevole, perfino il 10 per cento.

L'argento non trovasi mai, come l'oro, disseminato nelle rocce, salvo in poche località nelle vicinanze dei filoni argentiferi. Ne viene da ciò che l'argento non si incontra, come l'oro, nei terreni alluvionali.

L'argento è conosciuto da tempo antichissimo. I Fenici ed i Cartaginesi traevano argento dalle miniere spagnuole, e i Greci da quelle del Laurion presso Atene.

L'argento si trova in molte località della terra. Tuttavia le più celebri sono il Messico, il Perù e il Chili, la California, la Nevada, nel nuovo continente; nell'antico la Siberia, la Norvegia, la Sassonia, ecc. In Italia è raro; esso venne recentemente scoperto in Sardegna nella provincia di Cagliari.

Gli usi dell'argento sono noti; allo stato metallico serve, unito in lega con quantità determinate di rame per renderlo più resistente, alla fabbricazione delle monete, di utensili e di oggetti di ornamento. Allo stato di nitrato l'argento serve a varî usi medicinali, o a fare preparati chimici e alla fotografia.

Oro. — L'Oro trovasi allo stato nativo. Talvolta è cristallizzato: più frequentemente si presenta in laminette o pagliuzze, in granelli, in fili, ecc. L'oro puro è di color giallo caratteristico e noto a tutti; ha lucentezza metallica. L'oro ridotto in lamine sottilissime si presenta guardandolo per trasparenza di color

verde. L'oro è il più malleabile di tutti i metalli ed è uno dei più duttili.

L'oro fonde a 1100.^o

L'oro è attaccabile dalla sola acqua regia; è inalterabile all'aria; l'idrogeno solforato non lo annerisce. Col mercurio l'oro forma un amalgama.

L'oro è conosciuto fino da tempi antichissimi, e trovasi sparso in moltissime località in quantità tuttavia molto variabili.

I principali modi di giacitura dell'oro sono i seguenti:

1.^o In diffusione ed in intima aggregazione nelle piriti e in altri solfuri.

2.^o In depositi alluvionali.

3.^o In compenetrazione.

4.^o In filoni quarzosi.

L'estrazione dell'oro dalle piriti o dagli altri solfuri si fa rompendo e triturando finissimamente con macine apposite questi minerali e poi ricorrendo alla amalgamazione col mercurio. Quindi si distilla l'amalgama e si ottiene l'oro in massa spugnosa, la quale, lavorata convenientemente, dà l'oro del commercio.

I depositi di piriti aurifere sono frequenti: si possono citare quelli della Turingia, degli Urali, della Sassonia, del Brasile e di varie località italiane, Valsesia, Val d'Ossola, ecc.

I depositi di alluvione si dividono dai cercatori d'oro in due categorie, vale a dire nelle sabbie aurifere dei fiumi e nei così detti *placers*.

L'oro delle sabbie dei fiumi proviene dalla disgregazione delle rocce che lo contenevano in disseminazione primaria. Esso è per lo più diffuso in particelle piccolissime od in pagliuzze. Molti sono i fiumi anche in Europa ed in Italia che trasportano sabbie aurifere; il Reno, l'Obi, l'Aar, il Rodano, il Danubio, il Po, e soprattutto poi la Dora Riparia, l'Orco, la Dora Baltea, la Sesia, il Ticino, il Cervo, l'Oropa, l'Oremo. Una certa quantità d'oro si estrae annualmente da questi corsi d'acqua e vien detto *oro di pesca*.

I *placers*, grandi depositi alluvionali dell'epoca quaternaria, di sabbie, di ocre, di ghiaie, contenenti oro in pagliuzze, in granuli, in pepite ed altri minerali, come il platino, il diamante, ecc., forniscono la maggior parte dell'oro del commercio.

Si estrae l'oro dai *placers* scavandoli col piccone, colle mine, con getti d'acqua; si fa quindi la cernita dei materiali grossolani, poscia si lavano, con processi varî secondo le località, le sabbie così ottenute. Con queste operazioni si hanno a poco a poco delle sabbie costituite da materiali più fini e contenenti una maggiore quantità d'oro, il quale si estrae generalmente coll'amalgamazione.

Talvolta nei *placers* l'oro si presenta in *pepiti*, in ammassi cioè più o meno grandi. Furon trovate pepiti del peso di 60 ed anche di 85 chilogrammi, come quella di Welcome Nugget, trovata nel 1858 in Australia.

Il Canada, la California, l'Australia, la Nuova Zelanda, i Monti Urali e la Siberia sono le località più ricche di depositi alluvionali auriferi.

È in compenetrazione l'oro quando in venuzze o in lamelle o in dendriti riveste o compenetra le soluzioni di continuità delle rocce o dei filoni di altri minerali. Questa giacitura si osserva, ad esempio, in Transilvania ed in Val d'Aosta.

L'oro puro non può venir adoperato per la sua poca durezza; perciò lo si mescola col rame in proporzioni varie. In questo stato l'oro serve per la fabbricazione delle monete e degli oggetti di ornamento. L'oro si adopera pure in chimica, nella fotografia, e per la colorazione ed indoratura dei vetri e delle porcellane.

Galena. — La Galena cristallizza frequentemente. La galena ha colore grigio piombo azzurrastrato e lucentezza metallica; ha frattura lamellare o granosa ed è fragile. La galena è un composto di solfo e di piombo, un *monosolfuro di piombo*.

Raramente la galena si trova pura; frequentemente contiene argento in proporzioni variabili; talvolta può contenerne perfino il 7 per cento.

La galena si trova in filoni, in dicche, in arnioni, in compe-

netrazioni ed anche in depositi alluviali. La galena è un minerale assai diffuso; l'America del Nord e del Sud, la Siberia, l'Algeria, l'Australia, la Nuova Zelanda, ecc., ne hanno notevoli depositi. In Europa son ricche di galena l'Inghilterra, la Germania, la Spagna, ecc. In Italia si incontra assai abbondante in Toscana, in Sicilia e soprattutto in Sardegna.

La galena serve alla estrazione del piombo e dell'argento, quando ne contiene una certa quantità. L'argento si estrae dalla galena per mezzo della *coppellazione*, processo fondato sulla facile trasformazione del piombo in ossido quando esso è scaldato fortemente a contatto dell'aria e sulla resistenza dell'argento ad ossidarsi.

Blenda. — La Blenda si trova frequentemente cristallizzata e i suoi cristalli hanno lucentezza adamantina. La blenda è di colore quasi sempre nero o bruno, qualche volta anche giallo, verde o rosso. La blenda è un composto di zolfo e di zinco, un *monosolfuro di zinco*.

La blenda è un minerale abbondantissimo, il quale ora si trova in filoni, ora in dicche, ora in compenetrazione; frequentemente accompagna la galena. L'Inghilterra, l'Ungheria, la Transilvania, la Spagna e l'Italia in molte località presentano notevoli giacimenti di blenda. Questo minerale serve per l'estrazione dello zinco metallico mediante ossidazione e successiva riduzione dell'ossido di zinco così ottenuto. La blenda è un minerale che va acquistando ogni giorno maggior importanza collo estendersi delle applicazioni dello zinco metallico.

Pirite. — La Pirite è cristallizzata. Essa talvolta presenta cristalli assai voluminosi e belli. La pirite è di color giallo ottone con lucentezza metallica vivacissima. La sua polvere è quasi nera. Percossa coll'azciarino scintilla mandando odori solforosi. La pirite è un composto di solfo e di ferro, è un *bisolfuro di ferro*. La pirite contiene frequentemente altre sostanze e soprattutto vari metalli, nichelio, stagno, zinco, cobalto, arsenico, argento e frequentemente anche oro. La pirite è minerale molto diffuso ed abbondante, ora si trova in filoni, ora in ammassi, ed ora sola, ora associata ad altri minerali.

Sono località celebri, per ricchi giacimenti di pirite e per le belle cristallizzazioni di questo minerale, soprattutto Brosso e Traversella in Piemonte, e l'isola d'Elba. La pirite si trova pure in grandi giacimenti in Carinzia, nel Tirolo, negli Urali, nei Carpazi, ecc.

La pirite serve alla fabbricazione dell'acido solforico e per l'estrazione dello solfo. La pirite non serve per l'estrazione del ferro, poichè non si è trovato fino ad ora il mezzo di liberare completamente il ferro dallo solfo, e poichè il ferro che contiene una quantità di solfo maggiore del 0,05 per cento diventa fragilissimo quando lo si scalda al calor rosso. Quando la pirite contiene una sufficiente quantità d'oro serve, come abbiamo già visto, per l'estrazione di quest'ultimo.

Salgemma. — Il Salgemma, o Sal comune, o Sal di cucina, o Salmare, cristallizza assumendo la forma di cubi. Talvolta ha struttura lamellare e fibrosa. Il salgemma ora è incolore e trasparente, ora invece è grigio, rosso, giallognolo, e qualche volta anche verde od azzurro. Esso deve queste colorazioni a varie sostanze estranee che lo inquinano. Il sapore salato è caratteristico. Il salgemma è un composto di cloro e di sodio, è *cloruro di sodio*.

Il salgemma o cloruro di sodio è un minerale abbondante e diffusissimo alla superficie della terra. Si possono, per maggiore chiarezza e brevità, riassumere le varie maniere di giacitura del cloruro di sodio nei gruppi seguenti:

- 1.^o Nelle acque del mare.
- 2.^o Nei laghi e nelle sorgenti salate.
- 3.^o Nei depositi superficiali.
- 4.^o Nei depositi sotterranei.

Il cloruro di sodio si trova in grande abbondanza nelle acque di tutti i mari, e nei paesi caldi dalle acque marine si estrae su vasta scala, per evaporazione delle acque stesse.

L'Italia ha in Sardegna ed in Sicilia numerosi stabilimenti per l'estrazione di cloruro di sodio dalle acque del mare.

Il sal comune si trova anche spesse volte nelle acque di non pochi laghi, come il Caspio, il lago Asfaltide, i laghi di Var,

di Uton, il gran Lago Salato dell'America settentrionale ed il lago Bahr-Assal nell'Africa, ecc. Si nota pure la presenza del sal comune in varie sorgenti.

In depositi superficiali troviamo il salgemma frequentemente allo stato di efflorescenza nelle sabbie dei litorali marini e dei laghi salati, nelle sabbie dei deserti, come, ad esempio, nel Sahara; nella Bolivia, nel Chilì nei fanghi emessi da certi vulcani ed anche allo stato di sublimato proveniente da grandi vulcani come, ad esempio, il Vesuvio e l'Etna.

Si conoscono molti depositi sotterranei di salgemma: i più famosi sono quelli di Cordova in Spagna, quello di Stassfurt, quello di Wieliczka, di cui la coltivazione data da varî secoli.

Gli usi del salgemma sono molti e noti. Questo minerale, oltre che all'economia domestica, alla pastorizia, alla conservazione delle sostanze alimentari, ecc., serve anche alla preparazione di molte sostanze utili alle industrie chimiche.

Ematite. — L'Ematite, od Oligisto, o Ferro speculare, è cristallizzato, ma il più delle volte si rinviene in aggregati cristallini, con struttura fibrosa, in laminette sottili e squamiformi; si trova pure con struttura compatta e terrosa. Il colore dei cristalli è ora il nero, ora il grigio acciaio, ora anche il rosso sangue; ha lucentezza metallica vivacissima e spesso tinte iridescenti assai eleganti. Ridotta in polvere è di color rosso sangue.

L'ematite è un composto di ferro e di ossigeno, è un *sesquiosido di ferro*.

L'ematite è un minerale molto comune e molto diffuso. Le località più celebri pei bei cristalli sono l'isola d'Elba, Traversella, il San Gottardo, le lave dell'Etna, del Vesuvio e dello Stromboli.

L'ematite serve per l'estrazione del ferro e come sostanza colorante (occe rosse) ed anche, ridotta in polvere, per pulire pietre, metalli, ecc.

Magnetite. — La Magnetite, o Ferro magnetico, o Calamita, è cristallizzata. La magnetite si presenta anche con struttura compatta e con struttura granulare. Talvolta si trova anche allo

stato di sabbia in giacimenti secondari. Il colore della magnetite è nero ferro con lucentezza più o meno metallica. La sua polvere è pure nera.

La magnetite agisce sull'ago magnetico e talvolta ha il magnetismo polare, costituendo allora la così detta calamita naturale. La magnetite è un composto di ossigeno e di ferro.

La magnetite è il minerale più ricco di ferro ed è molto sparsa. In Italia si hanno giacimenti importanti di questo minerale a Traversella, a Cogne, in Valtellina e Valcamonica, e soprattutto nell'isola d'Elba. Se ne trovano poi importantissime miniere in Svezia, in Norvegia, negli Urali, nell'America settentrionale, ecc.

La magnetite serve essenzialmente per l'estrazione del ferro.

Limonite. — La Limonite non è mai cristallizzata. Si presenta con molte strutture. Il suo colore varia fra il giallo, il bruno, il rossastro ed il nerastro; talvolta presenta delle iridescenze e lucentezza submetallica. La sua polvere è giallo-bruna. La limonite è difficilmente fusibile.

La limonite è un composto di ossigeno di ferro con dell'acqua.

La limonite è minerale comune e diffusissimo. Esso si forma continuamente in seguito a scomposizione di diversi minerali contenenti ferro. La limonite compenetra moltissime rocce a cui dà il colore giallo o bruno.

La limonite serve per l'estrazione del ferro metallico e come sostanza colorante (ocra gialla).

In Italia ricordiamo i giacimenti della Sardegna, dell'isola d'Elba, in cui vi si trova con stupende iridescenze, delle Calabrie, della Lombardia. La Francia, la Boemia, la Spagna hanno anche ricchi depositi di limonite.

Quarzo. — Il Quarzo, o Cristallo di monte, o Cristallo di rocca, o Silice anidra cristallizzata, si trova frequentemente cristallizzato, assumendo spesso la forma di prismi esagoni, regolari, sormontati da due piramidi pure a sei facce. Talvolta si trovano cristalli di quarzo di mole gigantesca e del peso di vari quintali, talvolta invece i cristalli sono al tutto microscopici.

Il quarzo si trova pure con struttura compatta e criptocristallina, in ciottoli, in grani. Il quarzo può essere incolore o colorato variamente: trasparente od opaco, ora con lucentezza vitrea, ora con lucentezza grassa, dando origine a numerose varietà di colore o di struttura, le quali hanno nome ed applicazioni speciali.

Il quarzo è un composto di ossigeno e di silicio, è *biossido di silicio*. Non è intaccabile dagli acidi, salvo che dall'acido fluoridrico.

Numerosissime sono le varietà di quarzo.

Il *Cristallo di rocca* o *Quarzo jalino* — incolore, trasparente e talvolta limpidissimo.

Il *Quarzo ametista* — di un bel colore violaceo.

Il *Quarzo affumicato* — di color grigio fumo o anche nerastro, ecc.

La *Pietra di paragone* — schisto siliceo, nero opaco.

La *Pietra focaia* — grigia, bruna, nera, pellucida.

Il *Quarzo calcedonio* — bianco azzurrognolo.

Il *Quarzo agata* — di colori varî e formato per lo più da strati concentrici variamente colorati. Le agate si presentano frequentemente in ammassi ciotoliformi e in geodi.

Il quarzo è un minerale oltre ad ogni dire diffuso e abbondante, trovandosi ora solo, ora in aggregazione con altri minerali a formare enormi ammassi di rocce, come i Graniti, i Gneiss, i Micaschisti, i Porfidi, le Arenarie, ecc.

Il quarzo ha molte applicazioni; le varietà cristallizzate più pure e trasparenti servono a fare lenti; quelle più vagamente colorate servono come gemme, le altre, come le agate, gli onici, i diaspri, le calcedonie, ecc., si adoperano come pietre dure per intarsi, lavori di incrostazione, mosaici, ecc. La pietra focaia serviva per le armi da fuoco.

Il quarzo poi serve al giorno d'oggi soprattutto alla fabbricazione del vetro.

Gesso. — Il Gesso, o Calce solfata, è spesso cristallizzato; ma generalmente si presenta in masse lamellari facilmente divisibili in lamine sottili: esso si trova anche in masse compatte

o fibrose. Il gesso ha lucentezza vitrea, perlacea, o sericea: ora è incolore e trasparente; ora è variamente colorato in giallastro, rossastro, azzurrognolo, ecc.

Il gesso è un composto di acido solforico, di calce e di acqua: esso è un *solfo di calce idrato*.

Il gesso è un minerale che per la quantità in cui si presenta deve essere considerato come roccia.

Il gesso serve per molti usi; certe varietà servono come materiale da costruzione e per fare oggetti scolpiti di ornamento (alabastri). Il gesso poi è utilissimo come cemento dopo che è stato cotto, vale a dire dopo che ha perduto la sua acqua di cristallizzazione, poichè, immerso di nuovo nell'acqua, si combina con due molecole della stessa e si indurisce repentinamente.

Il gesso si adopera pure come concime per l'agricoltura.

Calcite. — La Calcite o Calcare, o Spato calcare, o Spato d'Islanda, cristallizza assumendo forme svariatissime, spesso si presenta in bellissimi romboedri. La calcite si trova anche con struttura criptocristallina, compatta o granulare. Essa può essere incolore o variamente colorata, trasparente od opaca: sottoposta ad alta temperatura manda luce vivissima facendosi incandescente, ma non fonde.

La calcite è un *carbonato di calce*.

Si scioglie negli acidi con effervescenza anche a freddo.

La calcite presenta numerosissime varietà di colore e di struttura. Fra le principali ricordiamo le seguenti:

1.^o *Spato d'Islanda.* — Questa, fra le varietà cristallizzate di calcite, è la più importante per la sua trasparenza e limpidezza.

2.^o *Calcarei saccaroidi* — a struttura criptocristallina, granulare, ora bianca ed incolore, ora molto variamente colorata. Sono da ricordarsi soprattutto il marmo statuario di Carrara ed altre varietà grigiastre o nerastre.

3.^o *Marmi.* — Calcarei a struttura compatta di colori svariatissimi, ora a tinta uniforme ora più o meno spiccatamente variegati: ad esempio, il marmo lumachella, il bardiglio, ecc.

4.^o *Pietra litografica*. — Calcite a grana finissima e compatta.

5.^o *Creta bianca* — bianca e friabile.

6.^o *Travertino o tufo calcareo* — di color giallo brunastro: poroso e poco resistente.

7.^o *Marne*. — Calcare compatto che contiene una quantità notevole di argilla o di quarzo.

8.^o *Calcare stalattitico* — *calcare concrezionato*. — Queste varietà di calcare sono frequenti nelle caverne di cui ricoprono le pareti.

La calcite è uno dei minerali più diffusi ed abbondanti che si conoscano: esso forma da solo degli enormi ammassi ed anche delle catene intere di monti; entra poi quale elemento essenziale costitutivo di varie rocce.

La calcite ha molte applicazioni: lo spato d'Islanda serve per la costruzione di strumenti di fisica; i marmi saccaroidi, soprattutto il bianco, servono per la scultura; gli altri marmi nelle loro numerosissime varietà servono come materiale di costruzione o per fare oggetti di ornamento. Il calcare litografico serve per la litografia. Varie sorta di calcari, come ad esempio i travertini, servono come pietra da taglio.

Una delle applicazioni più estese del calcare si è la sua applicazione, mediante la cottura, alla confezione del cemento. Le marne poi servono a correggere la composizione della terra dei campi.

Antracite — *Litantrace* — *Lignite* — *Torba*. — Questi minerali sono combinazioni del carbonio formatesi per via organica e precisamente sostanze vegetali più o meno decomposte e mineralizzate. Questi minerali sarebbero il prodotto di una eliminazione dagli organismi vegetali della massima parte degli elementi che insieme col carbonio li costituiscono. Questa eliminazione può essersi compiuta per un processo di distillazione secca o di carbonizzazione, o di alterazione a bassa temperatura in modo che la massa rimase costituita in massima parte da solo carbonio amorfo.

I combustibili fossili, principalmente i sopra menzionati, si

diversificano fra loro soprattutto per la diversa quantità di carbonio che contengono.

Antracite. — Questo combustibile fossile rappresenta l'ultimo stadio di distillazione secca delle sostanze vegetali prima di giungere a quello in cui il carbonio puro assume lo stato di grafite.

L'antracite è di color nero ed ha lucentezza quasi metallica e frattura concoide.

L'antracite è infusibile: abbrucia solo quando è sottoposta ad una forte corrente d'aria, e non fa fiamma. Fra tutti i combustibili è quello che sviluppa la maggior quantità di calore.

L'antracite si trova in varie località, principalmente nell'America del Nord, in Cina, in Inghilterra, in Francia, ecc. In Italia se ne trovano dei giacimenti a Demonte, in Val d'Aosta, nell'isola d'Elba, ecc.

L'antracite per la sua minore combustibilità non può adattarsi a molti usi cui serve il litantrace. — Ordinariamente si riduce in frammenti e si impasta coi residui catramosi della distillazione del litantrace per farne i così detti carboni agglomerati.

Il *Litantrace* o Carbon fossile, o Carbon di terra, o Houille, è di color nero e presenta parecchie varietà, secondo la sua lucentezza e secondo il modo di comportarsi al fuoco.

Il litantrace si presenta come l'antracite in istrati più o meno grandi. L'Inghilterra, il Belgio, la Germania, la Francia, gli Stati Uniti sono i paesi che posseggono i depositi più estesi di litantrace. In Italia, sino ad ora, il vero litantrace non venne trovato.

Gli usi del carbon fossile sono noti a tutti; esso serve per combustibile, per la fabbricazione del gas-luce, del coke, del catrame e per l'estrazione di molte sostanze coloranti assai belle e vivaci che sono conosciute col nome di colori di anilina.

La *Lignite* è per lo più di color nero; essa è ordinariamente mescolata con molte sostanze terrose. La lignite abbrucia con fiamma lunga e fuligginosa, tramandando spiacevole odore.

La lignite è molto sparsa e si trova in letti più o meno estesi.

La lignite proviene dall'accumularsi di piante legnose, per lo più conifere, in bacini lacustri o in depositi diluviali o in depositi litorali marini. In Italia i depositi di lignite sono frequenti; ma in generale non sono molto estesi. Ricordiamo i giacimenti di Cadibona nell'Apennino ligure, di Nuceto nella valle del Tanaro, di Monte Bamboli in Toscana, di Agnana nel Napoletano, ecc.

La lignite si adopera come combustibile e in alcuni casi può sostituire il litantrace.

La *Torba* è costituita di resti di varie sorta di piante, come muschi, ciperacee, giuncacee e simili che si accumulano in fondo ad acque stagnanti, e che trovansi, anche presentemente, soggette ad un lento processo di carbonizzazione.

La torba ha struttura spugnosa, o terrosa, o fibrosa; è di color bruno o nero. Essa è plastica allo stato umido, brucia facilmente lasciando molte ceneri e spandendo odore spiacevole.

La torba trovasi in moltissime località; i giacimenti più vasti sono in Olanda, in Prussia, in Danimarca, in Scozia, in Scandinavia, nelle isole Maluine. L'Italia ha numerose *torbiere* soprattutto nelle valli Alpine, ad esempio ad Angera presso il Lago Maggiore, a Colico, nell'alta Brianza, nel Lodigiano, presso Ivrea, presso Avigliana, ecc.

La torba convenientemente preparata colla compressione e coll'essiccamento si adopera come combustibile di qualche valore.

Asfalto. — L'Asfalto o *Bitume giudaico* si presenta a temperatura ordinaria in una massa solida. Esso fonde facilmente ed abbrucia con fiamma fuligginosa. L'asfalto è di color nero; ha lucentezza grassa e frattura concoide.

L'asfalto è abbondante in natura: ora si trova entro filoni metalliferi, ora compenetrante varie rocce, come le arenarie, i calcari, ecc., e soprattutto sulle rive e nell'acqua del Mar Morto o lago Asfaltide e nell'isola della Trinità.

L'asfalto si adoperava fin dai tempi molto antichi come materiale di cemento, per coprire tetti, terrazzi, per calafatare navi, per lastricare le strade, per fare vernici, ecc.

Petrolio. — Il Petrolio od *olio minerale* è liquido, incolore, o giallognolo o bruno rossastro. Il petrolio è facilmente infiammabile e brucia con fiamma luminosa spandendo densi fumi e tramandando odore caratteristico.

Vi sono varie sorta di petrolî; la varietà limpida come l'acqua viene detta Nafta.

Le sorgenti più celebri e note da lungo tempo sono le sorgenti di Nafta dei contorni di Bakù e di Shiraz in Persia, quelle di Sassuolo nel Modenese, quelle di Amiano nel Parmigiano, e quelle delle vicinanze di Girgenti, in Sicilia, ecc.

Al giorno d'oggi si è l'America settentrionale che produce la quantità maggiore di petrolio, traendolo dagli immensi depositi della regione petrolifera.

Il petrolio, depurato e sceverato dalle sostanze più volatili, serve sopra una vasta scala per l'illuminazione.

Il petrolio ha varie applicazioni nella medicina e nella agricoltura, serve anche come solvente per le resine e per fare diverse vernici.

I materiali inorganici costituenti il globo si dividono in due grandi categorie: *Minerali* e *Rocce*.

È cosa molto difficile dare una buona ed esatta definizione del minerale, tanto più che gli autori non sono d'accordo nel delimitare le categorie di corpi che debbono essere considerati come minerali.

La definizione del minerale generalmente accolta è la seguente: *i minerali sono corpi inorganici naturali di composizione chimica determinata ed eguale in tutte le particelle fisiche che li costituiscono, i quali frequentemente hanno determinate forme cristalline.*

Non minori sono le difficoltà per definire le rocce. Si intende oggi per roccia: *un minerale o un complesso di minerali che per la loro grande estensione nel posto che occupano possono essere considerati come parte principale costituente il globo terrestre.*

Mineralogia è quella scienza che studia i minerali nelle loro proprietà chimiche e fisiche, li classifica e li descrive.

Litologia dicesi lo studio delle rocce considerate in sè stesse.

Geologia poi è la scienza che studia la distribuzione dei minerali nelle varie rocce costituenti il globo terrestre e fa ricerca degli agenti che hanno determinato e modificato la genesi naturale dei minerali stessi.

Tutte queste scienze sono intimamente legate non solo fra loro, ma si trovano anche in intimissimo rapporto colla chimica e colla fisica.

Si chiamano *caratteri dei minerali* quelle proprietà per le quali ci si rivela la loro essenza e mediante le quali noi possiamo distinguerli gli uni dagli altri.

I caratteri dei minerali si dividono in due grandi categorie, secondo che nella loro ricerca viene o non alterata menomamente l'essenza del minerale stesso. Alla prima categoria appartengono i caratteri *chimici*; alla seconda appartengono i caratteri *fisici* propriamente detti ed i caratteri *fisico organolettici*.

Sono caratteri fisici quelli dipendenti dallo stato di aggregazione molecolare, dalla forma, dalla frattura, dalla struttura, ecc. La durezza, la tenacità, la sfaldatura, la densità, le proprietà ottiche come la doppia rifrazione, la polarizzazione della luce, il policroismo, l'opalescenza, l'iridescenza, il colore, la lucentezza, ecc., le proprietà elettriche, magnetiche e termiche. Sono caratteri organolettici le proprietà del sapore, dell'odore, del tatto. Caratteri chimici finalmente sono quelli che si riconoscono mediante l'analisi chimica, il modo di comportarsi del minerale coi vari reagenti, ecc.

La prima cosa che colpisce l'osservatore nello studio dei minerali si è il loro stato di aggregazione molecolare, cioè, se il minerale è allo stato solido come l'oro, il sal comune, ecc., allo stato liquido come certi bitumi, il mercurio. Così pure abbiamo minerali molli, vischiosi, sabbiosi, pulverulenti, ecc.

I minerali solidi vengono divisi in due grandi sezioni rispetto alle forme che essi presentano, in minerali cioè con forme regolari e in minerali con forme irregolari od accidentali.

Le forme regolari in cui si possono presentare i minerali sono soltanto le forme cristalline, costituite geometricamente da facce e da spigoli; le altre devono essere comprese nella

seconda categoria. Le prime hanno nello studio e nella determinazione dei minerali una importanza di gran lunga superiore alle seconde, le quali tuttavia non devono essere trascurate perchè talvolta sono caratteristiche di determinati minerali e quasi sempre ci forniscono dati preziosi intorno alle circostanze ed intorno agli agenti che hanno operato sul minerale.

Vediamo ora che cosa siano i cristalli.

Se si scioglie nell'acqua una certa quantità di sale marino, o cloruro di sodio, e si abbandona a sè la soluzione finchè buona parte dell'acqua naturalmente e lentamente si evapori, la soluzione si va a poco a poco concentrando, le molecole di sale disseminate in ogni parte del liquido si vanno ravvicinando e finiscono per riunirsi in guisa da costituire solidi di forma determinata. Se si fonde del bismuto in un crogiuolo, e lasciandolo poi lentamente raffreddare e solidificarsi, si rompe la crosta formatasi alla superficie del bagno, e capovolto il vaso si getta il bismuto che ancora si trova allo stato liquido, si trovano le pareti interne del crogiuolo rivestite di punte di bismuto che hanno forma determinata.

In questi casi i solidi ora menzionati si formano in tali circostanze che le loro molecole all'atto di riunirsi sono libere di girarsi o di muoversi nel liquido in cui sono sospese, in guisa da obbedire liberamente alle leggi che ne governano l'aggregazione. Ora si noti che la forma che il sal comune ed il bismuto assumono nel solidificarsi non è già quella di una sfera o di un solido chiuso da una superficie qualsiasi, ma bensì i solidi formati in queste circostanze sono in generale poliedri, vale a dire hanno una forma delimitata dalla più semplice delle superfici, dal *piano*.

I corpi solidi poliedri sotto la cui forma si presentano i minerali quando si solidificano lentamente e con piena libertà di moto nelle loro molecole, si dicono *cristalli* (fig. 126, 127, 128 e 129).

I minerali si trovano in natura frequentemente cristallizzati, imperocchè anche nel seno della terra è molte volte avvenuto che le sostanze si solidificassero in tali circostanze che le molecole potessero obbedire alle leggi di cristallizzazione.

Artificialmente poi si possono ottenere agevolmente molti minerali sotto forma di cristalli in varie maniere, le quali tuttavia si fondano tutte sullo stesso principio fondamentale di mettere le molecole dei corpi che si vogliono far cristallizzare in condizione di libertà tale che esse attraendosi si incontrino e si aggruppino in quei regolari assetti che sono propri dei diversi minerali.

I varî mezzi per ottenere artificialmente minerali cristallizzati si possono ridurre a tre: per soluzione, per fusione e per volatilizzazione o sublimazione.

Un esempio di cristallizzazione per soluzione è quello già menzionato del cloruro di sodio, o sal comune, nell'acqua in cui il minerale passa allo stato cristallino in seguito alla evaporazione lenta del liquido nel quale si trovava disciolto. La

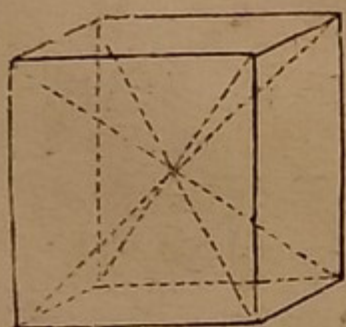


Fig. 126.

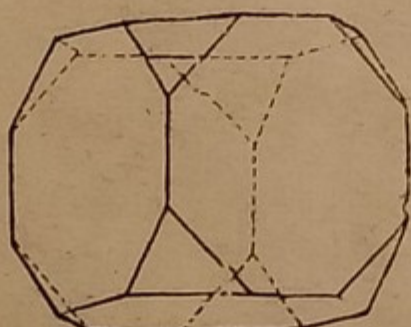


Fig. 127.

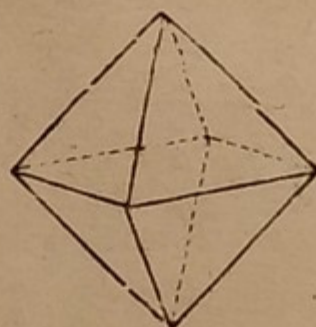


Fig. 128.

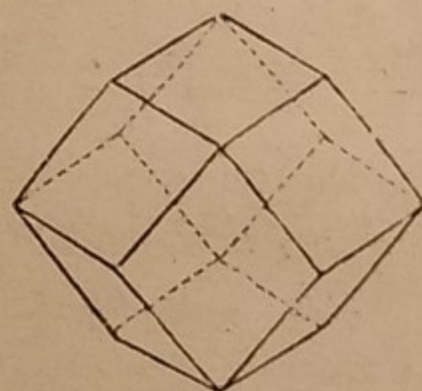


Fig. 129.

bellezza e regolarità dei cristalli che si ottengono con questo procedimento variano col variare delle circostanze in cui si pone la soluzione. I cristalli riescono sempre tanto più voluminosi e perfetti quanto più grande è la massa del liquido, quanto più esso evapora lentamente, quanto maggiore è la quiete in cui rimane e finalmente quanto più costante si mantiene la temperatura.

Per osservare facilmente e rapidamente il processo di cristallizzazione sopra descritto, basta esaminare al microscopio una goccia di qualche soluzione la quale si evapori lentamente sopra un vetrino. Un esempio di cristallizzazione per fusione si ha nel bismuto che si fa fondere in un crogiuolo e poi si lascia in parte solidificare per raffreddamento e si toglie la parte centrale. Il solidificamento comincia alla periferia dove il minerale tappezza le pareti del recipiente di bellissimi cristalli.

Si ottengono finalmente minerali cristallizzati per sublimazione col raffreddare i loro vapori. Questi condensatisi pel raffreddamento pigliano la forma cristallina. In natura questa maniera di cristallizzazione è frequente nei vulcani. Lo solfo ad esempio è uno dei minerali che più frequentemente si incontra cristallizzato per sublimazione.

Le numerosissime forme dei cristalli sono state aggruppate in sei sistemi, che sono i seguenti:

- 1.^o Monometrico.
- 2.^o Dimetrico.
- 3.^o Trimetrico.
- 4.^o Romboedrico.
- 5.^o Monoclino.
- 6.^o Triclino.

Le forme accidentali dei minerali sono numerosissime, noi non esamineremo qui che le forme principali.

Ricorderemo gli *ammassi* le *amigdale*, gli *arnioni*, le forme *cilindroidi*, *coralloidi*, *bacillari*, ecc.

Gli ammassi sono condensamenti di un qualche minerale nella roccia che lo contiene. Le dimensioni degli ammassi sono variabili: tuttavia esse sono sempre relativamente grandi. Se l'ammasso prende forma lenticolare, od amigdaloide, si ha allora una *lente* od una *amigdala*.

Gli arnioni sono masse di varie dimensioni, per lo più non molto grandi e di forma arrotondata, ora lisci, ora rugosi esternamente, ora aventi internamente struttura compatta ed omogenea, ora invece struttura fibrosa o bacillare colle fibre disposte raggiatamente in varî gruppi.

Le geodi sono specie di arnioni esternamente scabri ed irregolari, con struttura interna zonata e concentrica, per lo più di varia colorazione, racchiudenti una cavità più o meno ampia tappezzata di cristalli.

La forma *denditrica* (fig. 130) proviene in modo evidente dalla più o meno regolare aggregazione di piccoli cristalli, i quali spesso distorti ed allungati si allineano in più serie, intrecciandosi e ramificandosi in varie maniere. Essa presentasi

in forma di piccole vegetazioni distese sopra una roccia o compenetrante entro ad un'altra sostanza; l'argento, il rame, l'oro si trovano non raramente allo stato di dendriti.

La forma *pisolitica* è così detta perchè è formata dalla riunione di molti globetti per lo più della grossezza di piselli ordinari. Questi globetti si formano nelle acque correnti soprattutto nelle cascate che tengono sciolte materie minerali, per lo più carbonato di calcio, le quali si depongono a poco a poco in straterelli concentrici intorno a piccoli granuli di sabbia o ai detriti di varia natura. Affine alla precedente è la forma *oolitica*.



Fig. 130.

I minerali aventi forma *aciculare* sono costituiti da fasci di aghi sottili, ed acuminati, paralleli o divergenti fra loro. Dalla forma aciculare si passa alla forma *bacillare* quando gli aghetti ingrossandosi rassomigliano a verghette prismatiche o cilindriche. Se invece gli aghetti vanno assottigliandosi ed allungandosi indefinitamente si avrà la forma *fibrosa*. Sono poi varietà di quest'ultima le forme *filamentosa*, *cotonosa*, *capillare*, ecc.

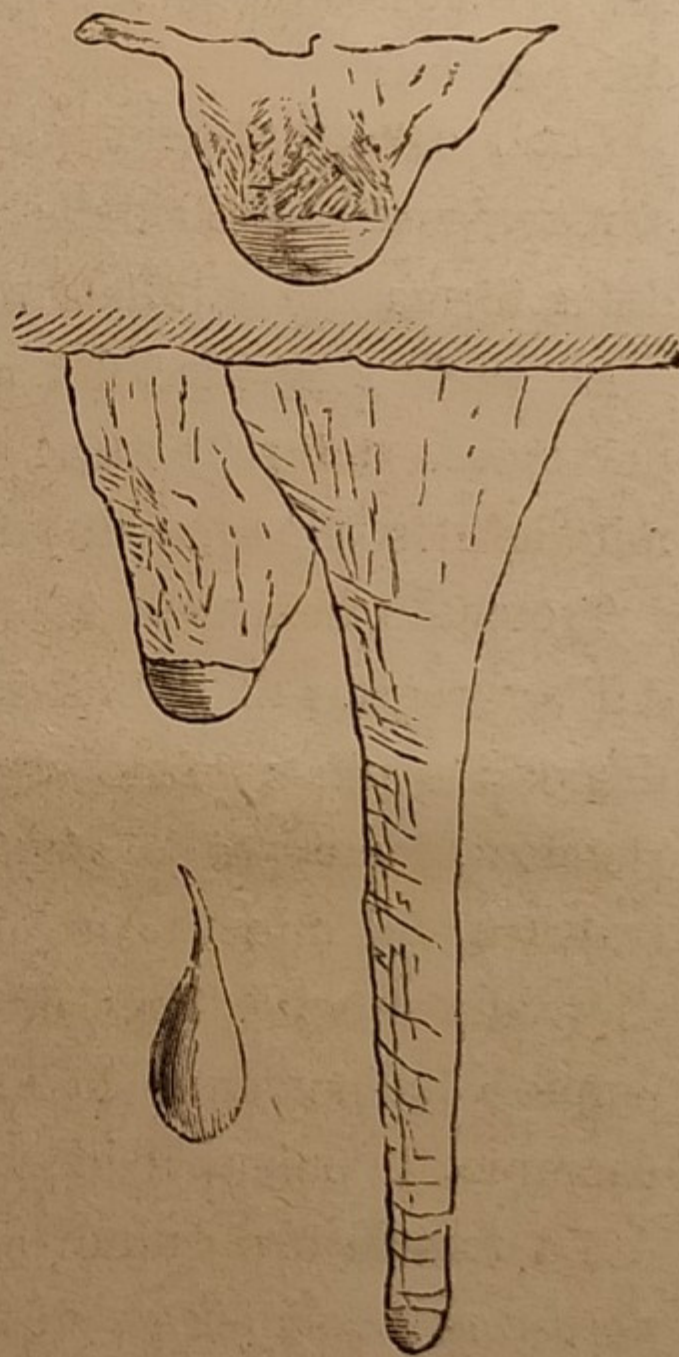


Fig. 131.

Fra le varie forme dei minerali è importante la forma *stalattitica* (fig. 131). Le *stalattiti* sono masse generalmente coniche, o di fasci di coni allungati, più o meno regolari e voluminosi, i quali pendono coll'apice in basso, dalle volte delle caverne, o dai vacui non troppo angusti delle rocce, dove si producono pel depositarsi delle sostanze minerali che le acque d'infiltrazione tengono sciolte e che abbandonano evaporandosi.

La superficie dei coni delle stalattiti suol essere rugosa e percorsa da rilievi tortuosi prodottivi da ulteriori depositi per parte di rigagnoletti scorrenti sulla superficie medesima; ma in qualche caso si hanno singolarissime stalattiti di carbonato di calce, sottili, cilindriche, trasparenti, simili a tubetti di vetro, o ai cannuli delle penne d'oca, costituite da una tenue parte di sostanza cristallina.

Nello studio dei minerali si tiene conto oltre alla forma loro anche di una serie di caratteri che vengono detti *organolettici*, perchè si avvertono direttamente cogli organi dei sensi, tatto, sapore, vista, odorato, udito. Gli antichi davano a questi caratteri un'importanza molto maggiore di quella che loro non si dia ora: tuttavia anche oggi se ne tiene conto nella descrizione dei minerali.

Fra i caratteri fisici più importanti dei minerali pigliano posto anzitutto quelli della struttura, i quali hanno con quelli della forma già studiati affinità e rapporti assai stretti.

Le varie strutture dei minerali si riconoscono generalmente per mezzo della frattura di parte del minerale stesso ed esaminando la *superficie di frattura*.

Troviamo anzitutto la struttura cristallina, la quale proviene dall'aggregato di poliedri irregolari e deformati, variamente disposti e più o meno stretti fra loro. Per mezzo della frattura riconosceremo poi la *struttura lamellare* quando la superficie di frattura del minerale è piana e prodotta dalla sovrapposizione di tante lamelle. Essa diverrà *laminare* se le lamelle saranno ampie e si potranno facilmente staccare le une dalle altre, ad esempio, la mica, il gesso, ecc.

La frattura, e quindi anche la struttura del minerale, sarà *fibrosa* se la superficie di frattura si presenta composta di fibre le quali possono essere di varie dimensioni ed assai variamente disposte; *granulare* se essa è formata di tanti granuli minuti e non riflette la luce.

La frattura poi dicesi *concoide* quando ci presenta una superficie liscia, ma curvilinea e con depressioni circolari concentriche, come quelle che si osservano nell'interno delle con-

chiglie bivalvi. Ciò si può osservare, ad esempio, nel quarzo, nelle ossidiane, ecc.

Ricordiamo ancora la struttura *compatta*, la *scagliosa*, la *saccaroide*, la *ceroide*, la *schistosa*, ecc.

Carattere importantissimo per la determinazione dei minerali è la *durezza*. Volendo definire la durezza si può dire che essa è la resistenza che un minerale oppone ad essere intaccato da un altro corpo. Il carattere della durezza si può esplorare in molte maniere, di cui la più semplice è quella che veniva adoperata dai primi mineralogi i quali tentavano la durezza di un minerale coll'unghia, con una punta di ferro o di acciaio, con una lima, ecc., tenendo conto della attitudine ad essere scalfito dall'uno o dall'altro corpo.

Come si vede facilmente, questi mezzi non potevano dare risultamenti molto precisi e soprattutto paragonabili fra loro. Il Mohs perfezionò di molto i metodi della ricerca della durezza dei minerali. Egli scelse dieci minerali allo stato di cristalli e li dispose in serie ascendente dal meno duro al più duro. Questa serie di minerali di durezza tipica costituisce la così detta *scala della durezza* di Mohs. Eccola:

- 1.^o Talco (idrosilicato di magnesia).
- 2.^o Gesso (Solfato di calce idrato).
- 3.^o Calcite (Carbonato di calce).
- 4.^o Fluorite (Fluoruro di calce).
- 5.^o Apatite (Fosfato di calce).
- 6.^o Feldspato (Silicato alluminoso alcalino).
- 7.^o Quarzo (Biossido di silicio).
- 8.^o Topazio (Fluosilicato di allumina).
- 9.^o Corindone (Allumina cristallizzata).
- 10.^o Diamante (Carbonio cristallizzato).

Segue da quanto si è detto che nessuno dei minerali solidi è intaccato dal talco: tutti invece lo sono dal diamante ed inversamente.

Per conoscere la durezza di un minerale si esplorarono salendo i vari gradi: ad esempio, se esso scalfisce i minerali rappresentati dai numeri 1, 2, 3, e non quello che ha il numero 4,

esso è più duro dei primi tre, ed è eguale o minore in durezza al quarto; se è eguale, il minerale numero quattro non scalfirà il minerale che si studia, se è minore verrà scalfito: nel primo caso la durezza del minerale si esprimerà colla cifra 4: nel secondo colle cifre 3-5.

La *tenacità* e la *fragilità* sono proprietà dei minerali strettamente collegate colla durezza, e consistono nella maggiore o minore resistenza che i minerali presentano ad essere spezzati dai colpi di martello. Il diamante, il quarzo cristallizzato, la pirite, ecc., sono minerali fragili; i basalti, ed i metalli in genere sono invece tenaci.

La *sfaldatura* è la proprietà che hanno i cristalli di molte sostanze, quando si cerca di romperli, di rompersi o di sfaldarsi indefinitamente con maggiore facilità secondo certi piani, la cui direzione rispetto alle facce ed agli assi del cristallo rimane costante.

È cosa di grande importanza nello studio dei minerali la ricerca del loro peso specifico e ciò soprattutto per quei minerali in cui per varie regioni, come ad esempio per le gemme, non si può ricorrere a saggi chimici.

Il peso specifico di un minerale o di un corpo qualsiasi è dato dal rapporto del suo peso relativo, cioè quello che si determina colla bilancia, sotto un dato volume, col peso di un eguale volume d'acqua distillata alla temperatura di $+ 4^{\circ}$.

Riscaldando un minerale; questo può fondersi, ovvero può rimanere infusibile. L'essere un minerale fusibile o no dipende naturalmente dalla sorgente calorifica a cui noi l'esponiamo; così il bismuto è fusibile al semplice calore di una fiamma di candela, mentre l'oro ed il rame non lo sono; questi ultimi, tuttavia, son essi pure fusibili ad una temperatura più elevata.

Il mineralogo esplora la fusibilità dei minerali a varie sorgenti calorifiche, fra le quali ricorderemo, come quelle di uso più generale, la fiamma di una candela, e la fiamma di una candela modificata dall'azione del *cannello ferruminatorio*. Questa seconda fiamma, per le ragioni che diremo ora, ha una

temperatura molto più elevata della prima. In certi casi speciali poi si ricorre ad altri mezzi per ottenere sorgenti di maggiore potenza calorifica.

Il *cannello ferruminatorio* è uno strumento semplicissimo: ridotto alle sue parti essenziali, consta di un semplice tubo mediante il quale si soffia sopra ad una fiamma in modo da far venire a contatto di quest'ultima una maggiore quantità d'aria. Con questo mezzo la potenza calorifica della fiamma viene notevolmente aumentata.

Rispetto ai caratteri ottici i minerali possono essere risplendenti, brillanti, lucenti, appannati, possono avere una lucentezza sericea, metallica, adamantina, madreperlacea, resinosa, vitrea, ecc. I colori poi dei minerali si presentano in colori propri dei minerali, vale a dire inerenti alla loro chimica e fisica costituzione ed in colori accidentali che provengono dalla mescolanza di altre sostanze col minerale o dall'alterazione di parte del minerale stesso.

Diremo finalmente *opachi* quei minerali che interposti fra una sorgente luminosa e l'occhio non trasmettono alcuna sensazione luminosa; *pellucidi* quelli che nelle stesse circostanze lasciano passare un po' di luce quando sono ridotti in lamine sottili; *translucidi* quelli che trasmettono la luce in tutta la loro massa, ma senza alcuna immagine degli oggetti di cui intercettano la diretta visione; *trasparenti* infine quelli che lasciano vedere interamente e minutamente gli oggetti stessi.

Ogni corpo trasparente rifrange la luce, vale a dire fa deviare il raggio luminoso dalla sua direzione.

Nella deviazione del raggio luminoso possono osservarsi due fenomeni principali: il raggio luminoso deviato non viene scomposto ed esce unico dal corpo, ovvero viene diviso in due raggi. Nel primo caso abbiamo la *rifrazione semplice*, e nel secondo la *rifrazione doppia*.

Alcuni minerali finalmente possono essere fosforescenti. La fosforescenza è quella proprietà per la quale certi minerali assoggettati a certe operazioni possono emettere luce. Così, ad esempio, la fluorite manda luce quando viene riscaldata.

Si dicono poi fluorescenti i minerali che presentano colore diverso, secondochè si guardano per trasparenza o per riflessione.

Il mineralogo non può nella massima parte dei casi accontentarsi nello studio dei minerali del solo esame dei caratteri fisici, ma deve anche ricercarne i caratteri chimici. L'analisi chimica è il mezzo più generale ed anche più sicuro col quale il mineralogo può con maggior facilità e sicurezza giungere alla determinazione dei varî minerali.

FINE.

